www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

18e JAARGANG No. 2, blz. 37-72 FEBRUARI 1956

# Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

## FAZELINEARITEIT VAN TELEVISIEONTVANGERS

door A. van WEEL.

621.375.121.018.782.3:621.397.62

*Van het videosignaal dat in een televisieontvanger de bundelstroom in de weergeefbuis bestuurt, moet men verlangen dat het zowel in amplitude als in faze een getrouw evenbeeld is van het signaal dat door de televisiecamera wordt geleverd. Aan de eisen die hierdoor aan het beeldkanaal van de ontvanger worden gesteld, kon gemakkelijk in redelijke mate worden voldaan zolang de televisiezenders nog weinig talrijk waren en de ontvangers dus nog niet bijzonder selectief behoefden te zijn. Anders werd dit toen de zenders snel in aantal toenamen en de ontvangerselectiviteit overeenkomstig moest worden opgevoerd. Daarbij zijn de faze-eisen in het gedrang gekomen. Hier en daar is men ertoe overgegaan, deze fazegebreken te compenseren aan de zendzijde. De auteur geeft een andere oplossing aan, namelijk een fazelineaire middenfrequentieversterker in de ontvanger, die niet meer kost dan de tot dusverre gebruikelijke versterkers.*

Onder het beeldkanaal van een televisieontvanger verstaat men dat gedeelte van de schakeling dat zich uitstrekt van de antenneklemmen tot de weergeefbuis. Het krijgt uit de antenne een draaggolf toegevoerd, die met het beeldsignaal in amplitude is gemoduleerd, en heeft tot taak, aan de stuurelektrode van de weergeefbuis een signaal te leveren dat nauwkeurig met deze modulatie overeenkomt. Het blokschema van het beeldkanaal is weergegeven in *fig. 1*.

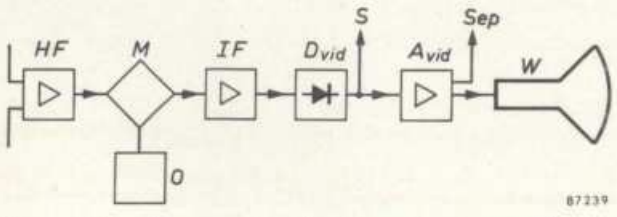



Fig. 1. Blokschema van het beeldkanaal van een televisieontvanger. *HF* hoogfrequentieversterker. *O* oscillator. *M* mengtrap. *IF* middenfrequentieversterker. $D_{vid}$ videodetector. $A_{vid}$ videoversterker. *W* weergeefbuis. *Sep* afscheiding van de synchronisatiesignalen. In het geval van interdraaggolfdetectie wordt het geluidssignaal afgenomen bij *S*.

Het beeldsignaal is een ingewikkelde functie van de tijd, namelijk evenredig met de helderheid van de verschillende beeldelementen zoals deze het een na het ander in de opneemapparatuur worden afgetast. De netwerken van het beeldkanaal dienen dus zo ontworpen te zijn dat deze tijdfunctie onvervormd wordt weergegeven.

Voor iedere schakeling kan men de vorm van het uitgangssignaal berekenen bij een gegeven vorm van het ingangssignaal. Als ingangssignaal kiest men vaak de zg. sprongfunctie (*fig. 2a*); de mate van vervorming van het uitgangssignaal (fig. 2*b*) geeft dan een goede controle op de invloed van het netwerk op het doorgegeven beeldsignaal [1]).

In de praktijk van de communicatietechniek echter past men voor de afzonderlijke delen van een schakeling deze methode meestal niet toe. Men maakt hier bij voorkeur gebruik van de mogelijkheid die door de Fourier-analyse gegeven is, namelijk een willekeurige tijdfunctie op te vatten als de som van een groot aantal sinusfuncties. Is de tijdfunctie niet periodiek, dan bestaat het Fourier-spectrum niet uit een aantal discrete lijnen (zoals het geval is bij een periodieke tijdfunctie), maar is het een continu spectrum. Het vermogen dat de oorspronkelijke tijdfunctie bevat, is bij een niet-periodieke tijdfunctie dus

[1]) Vgl. J. Haantjes, Philips techn. T. **6**, 193-201, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



„uitgesmeerd" over een groter of kleiner frequentiegebied.

De reden waarom men deze beschouwingswijze verkiest boven die met de sprongfunctie, is deze dat het meestal veel gemakkelijker is, te berekenen op welke wijze een netwerk één sinusvormige component bij verschillende frequenties overbrengt,

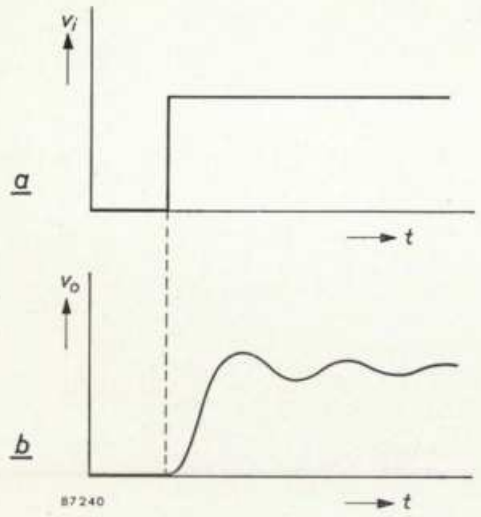



Fig. 2. *a*) Sprongfunctie. *b*) Voorbeeld van een sprongkarakteristiek. $v_i$ = ingangsspanning en $v_o$ = uitgangsspanning van een netwerk, als functie van de tijd $t$.

dan rechtstreeks na te gaan hoe het netwerk zal reageren op de tijdfunctie zelf. Indien men weet binnen welk frequentiegebied de Fourier-componenten van het over te brengen signaal vallen, kan men aan de betrokken netwerken de eis stellen dat zij in dit frequentiegebied onvervormd doorlaten. Dit betekent dat de onderlinge sterkteverhouding van de verschillende componenten niet mag worden veranderd (wel mogen natuurlijk alle componenten in gelijke mate versterkt of verzwakt worden, want dat komt slechts neer op een versterking of verzwakking van het gehele signaal). Evenmin mogen de afzonderlijke componenten verschillende tijdsvertragingen ondergaan (wel mogen ze natuurlijk alle evenveel vertraagd worden, want dat betekent alleen een vertraging in de overkomst van het gehele signaal). Verder mogen er uiteraard geen nieuwe, vreemde, signaalcomponenten bij komen, zoals ruis, brom en produkten van niet-lineaire vervorming, maar deze effecten laten wij in dit artikel buiten beschouwing.

Aan alle schakels op de weg van het signaal wordt derhalve de eis gesteld dat zowel de amplitudekarakteristiek als de looptijdkarakteristiek binnen het betrokken frequentiegebied vlak is.

Een sinusvormige deeltrilling aan de ingang is te schrijven als $\hat{v} \sin \omega t$; aan de uitgang wordt dit: $a\hat{v} \sin \omega(t-\tau_f)$. De grootheid $a$, uitgezet als functie van de frequentie, geeft de amplitudekarakteristiek; de grootheid $\tau_f$, op dezelfde wijze uitgezet, geeft de zg. fazelooptijdkarakteristiek [2]). Deze laatste woordkeus geeft aan dat het hier betreft de looptijd, of de vertraging, van een bepaalde faze van de desbetreffende component. Deze vertraging kan ook worden geïnterpreteerd als een fazehoek $\varphi = \omega\tau_f$, welke door het betrokken netwerk wordt geïntroduceerd. Om de fazelooptijd onafhankelijk van de frequentie te doen zijn, moet men dus ervoor zorgen dat de fazehoek lineair met de frequentie toeneemt. Hieruit volgt het algemene voorschrift dat voor onvervormde signaaloverbrenging de gebezigde netwerken „fazelineair" moeten zijn.

## Samenhang tussen de amplitude- en de looptijdkarakteristiek

Het is nuttig in te gaan op de oorzaken van de besproken vertraging in de signaaloverbrenging. Bij een kabel is het duidelijk dat de eindige voortplantingssnelheid van de golven langs de kabel een zekere looptijd veroorzaakt. Bij netwerken die uit spoelen, condensatoren en weerstanden zijn samengesteld, is de door het signaal af te leggen afstand zeer gering; dat hier toch een merkbare vertraging optreedt, is een gevolg van het feit dat zowel voor het vormen van een elektrisch veld in een condensator als voor het vormen van een magnetisch veld in een spoel een zekere tijd nodig is. Alleen de spanning over en de stroom door een (ideale) weerstand zijn precies met elkaar in faze.

Het is niet mogelijk versterkschakelingen te maken die, behalve buizen, alleen weerstanden bevatten, omdat immers zowel de weerstanden als in het bijzonder ook de buizen een zekere capaciteit hebben. De invloed van deze capaciteiten is weliswaar te verkleinen door lagere weerstandswaarden te gebruiken, maar dan neemt de versterking eveneens af.

Door middel van speciale netwerken („bredebandschakelingen") kan men binnen de gewenste frequentieband een grote en constante versterking realiseren. Naarmate de band breder of de versterking groter moet zijn, vereisen deze netwerken een groter aantal spoelen en condensatoren. Hiermee neemt de traagheid van het netwerk toe; deze extravertraging zal in het algemeen niet voor alle fre-

[2]) H. J. de Boer en A. van Weel, Een instrument voor het meten van groeplooptijden, Philips techn. T. **15**, 335-344, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



quenties even groot zijn, zodat de looptijdkarakteristiek grotere afwijkingen gaat vertonen naarmate de effectiviteit, alleen uit amplitudeoverwegingen bezien, toeneemt. Dimensioneert men omgekeerd het netwerk zo dat de looptijdeigenschappen beter worden, dan gaat de amplitudegetrouwheid achteruit.

De eis van zo groot mogelijke versterking binnen een bepaalde frequentieband geeft dus aanleiding tot moeilijkheden bij de amplitude- en/of bij de looptijdkarakteristiek; anderzijds kan de noodzaak om buiten het gewenste frequentiegebied te voldoen aan bepaalde selectiviteitseisen, ook weer tot ongewenste invloeden binnen deze band aanleiding geven. Zo moet bij het televisiesysteem volgens de Gerber-norm het videofrequentiekanaal een amplitudekarakteristiek hebben die vlak is tot 5 MHz en die tot op 0,5% daalt bij 5,5 MHz (bij de Gerber-norm is het frequentieverschil tussen de geluidsdraaggolf en de beelddraaggolf namelijk 5,5 MHz). Van de looptijdkarakteristiek wordt alleen geëist dat deze vlak is tot 5 MHz: in televisieontvangers is de looptijd van onderdrukte componenten niet meer van belang.

De beschreven amplitudekarakteristiek is met behulp van voldoend gecompliceerde filters altijd wel te realiseren. Het hooghouden van de amplitudekarakteristiek tot een zekere grensfrequentie, voorbij welke de karakteristiek zeer snel daalt, wordt hierbij bereikt door in de buurt van de grensfrequentie bepaalde resonantie-effecten te laten optreden. Nu hebben resonantieverschijnselen de eigenschap dat het enige tijd duurt voor ze op gang komen: passieve resonantienetwerken kunnen uiteraard zelf geen energie leveren, en een grote amplitude kan dan ook alleen worden bereikt door opslingering. Het gevolg hiervan is dat de fazelooptijd, dus de vertraging, in zulke netwerken in de buurt van de grensfrequentie aanmerkelijk groter is dan in het overige deel van de doorgelaten frequentieband.

De netwerken welke hierbij worden gebruikt, zijn in het algemeen netwerken van het zg. minimumfazetype. Deze benaming hangt samen met het feit dat het weliswaar mogelijk is dezelfde amplitudekarakteristiek te realiseren met andere netwerken, doch dat de fazeverschuiving in deze andere netwerken altijd groter is dan in een minimumfazenetwerk. Een aanduiding dat men met een minimumfazenetwerk te doen heeft, kan men vinden in de mogelijkheid een schema van het netwerk te tekenen als cascadeschakeling van $\pi$- en/of T-secties met uitsluitend realiseerbare schakelelementen (*fig. 3a*). Is dit door de aanwezigheid van zg. overbruggingselementen (fig. 3*b*) niet mogelijk, dan is het netwerk niet van het minimumfazetype.

Men houde hierbij in het oog dat dit criterium pas mag worden toegepast nadat zo nodig door een transformatie het netwerk tot de eenvoudigste vorm is teruggebracht. Als in fig. 3*b* b.v. $Z_1$, $Z_2$ en $Z_3$ gelijksoortige impedanties zijn, geeft een driehoek-stertransformatie de mogelijkheid de gehele schakeling van fig. 3*b* te herleiden tot één T-sectie met realiseerbare elementen (fig. 3*c*). In dat geval hadden wij dus wèl met een minimumfazenetwerk te maken.

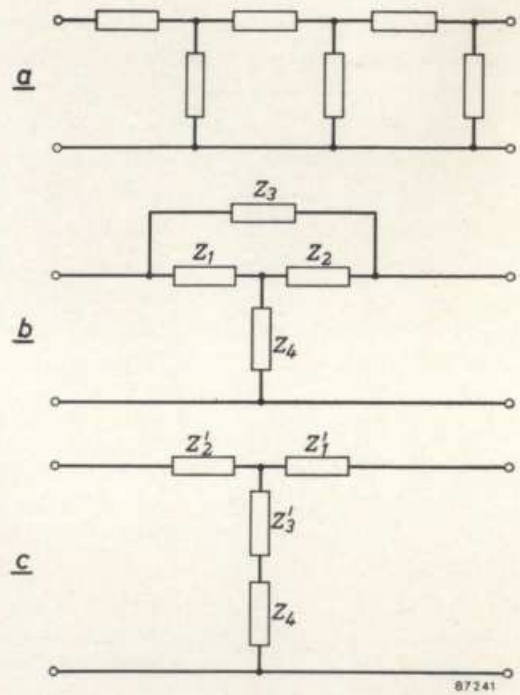



Fig. 3. *a*) Voorbeeld van een netwerk bestaande uit een T- en een $\pi$-sectie in cascade. Als alle schakelelementen realiseerbaar zijn, is het een minimumfazenetwerk.
*b*) Indien $Z_1$, $Z_2$, en $Z_3$ ongelijksoortige impedanties zijn, is dit netwerk niet van het minimumfazetype. Zijn $Z_1$, $Z_2$ en $Z_3$ van dezelfde soort, dan kan de driehoekschakeling van deze drie impedanties worden getransformeerd in een ster $Z_1'$, $Z_2'$, $Z_3'$ (zie *c*) en is (*b*) dus wèl een minimumfazenetwerk (mits alle impedanties realiseerbaar zijn).

De praktijk van het ontwerpen van filters die in de door te laten band een lineaire fazekarakteristiek moeten hebben, is veelal deze dat men eerst met behulp van minimumfazenetwerken de amplitudekarakteristiek de gewenste vorm geeft en vervolgens een speciaal soort niet-minimumfazenetwerk toepast dat behoort tot de zg. „all-pass" netwerken. Deze hebben de eigenschap, voor alle frequenties van nul tot oneindig een horizontale amplitudekarakteristiek te combineren met een looptijd die op de een of andere wijze varieert met de frequentie. Dit opent de mogelijkheid de fazefouten van het eerste filter te egaliseren. Dergelijke schakelingen vindt men dan ook wel toegepast in professionele televisieapparatuur, b.v. in straalzenderverbindingen, in versterkers voor coaxiale kabels, en, zoals wij nog zullen bespreken, in sommige televisieomroepzenders.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Economische redenen maken het gebruik van zulke faze-egalisatienetwerken in gewone televisieontvangers niet mogelijk. De praktijk heeft echter wel bewezen dat in de moderne televisietoestellen een ontoelaatbaar grote mate van looptijdvariatie optreedt. Deze looptijdfouten zijn in de toestellen van de laatste jaren aanmerkelijk storender dan in oudere toestellen. Dit is een rechtstreeks gevolg van de toeneming van het aantal televisiezenders, die nodig heeft gemaakt dat de selectiviteit van de ontvangers werd opgevoerd. Men heeft dit gedaan door hiervoor geschikte schakelingen te gebruiken, maar dit ging gepaard met grotere looptijdfouten, zoals wij boven hebben besproken.

Evenals bij omroepontvangers, wordt de selectiviteit van televisieontvangers verkregen in de middenfrequentieversterker (MF-versterker). Het in het algemeen geldende verband: grotere selectiviteit - grotere looptijdafwijkingen, is ook hier van kracht. In de MF-versterker wordt een MF „draaggolf", gemoduleerd met het videosignaal, versterkt. Hierbij is de absolute waarde van de vertraging die deze draaggolf ondergaat, van geen enkel belang voor de kwaliteit van het ontvangen beeld; wèl echter moet de eis worden gesteld dat de draaggolf en de zijbandcomponenten alle dezelfde looptijd hebben. Zoals in het al aangehaalde artikel [2]) is uiteengezet, is het in zo'n geval niet noodzakelijk dat de fazelooptijd, $\varphi/\omega$, van de MF-versterker in de doorgelaten band constant is, maar is het voldoende indien de zg. groeplooptijd, $\tau_g = d\varphi/d\omega$, aan deze voorwaarde voldoet. In dat geval is namelijk de „fazelooptijd van de modulatie" voor alle videofrequenties dezelfde.

In de Gerber-norm is zowel een amplitudekarakteristiek voor de zender als een voor de ontvanger aangegeven (*fig. 4a* resp. *b*). Zoals hieruit blijkt, heeft men bij de ontvangst, wat betreft modulatiefrequenties hoger dan 0,75 MHz, te doen met één zijband. Daarbij wordt de fazelooptijd $\tau_{fm}$ van de modulatie gegeven door

$$\tau_{fm} = \frac{1}{\omega_m} \int_{\omega_0}^{\omega_0+\omega_m} \tau_g \, d\omega, \quad \ldots\ldots (1)$$

waarin $\omega_0$ de hoekfrequentie van de draaggolf is en $\omega_m$ die van de modulatie.

Voor modulatiefrequenties beneden 0,75 MHz heeft men een asymmetrische tweezijbandontvangst. Hier volgt de fazelooptijd van de modulatie op wat gecompliceerder wijze uit de verhouding van de amplitudes der beide zijbanden, alsmede uit de grootte van $\tau_{fm}$ volgens (1) voor beide zijbanden afzonderlijk berekend (de grenzen van de integraal voor de benedenzijband zijn dan $\omega_0$ en $\omega_0 - \omega_m$; zie ook het in [2]) aangehaalde artikel). Hierbij blijft gelden dat indien de groeplooptijd constant is binnen de te versterken MF-band, de fazelooptijd van de modulatie voor alle videofrequenties constant is, terwijl afwijkingen van een vlakke groeplooptijdkarakteristiek in het algemeen aanleiding geven tot een niet constante fazelooptijd van de modulatiefrequenties.

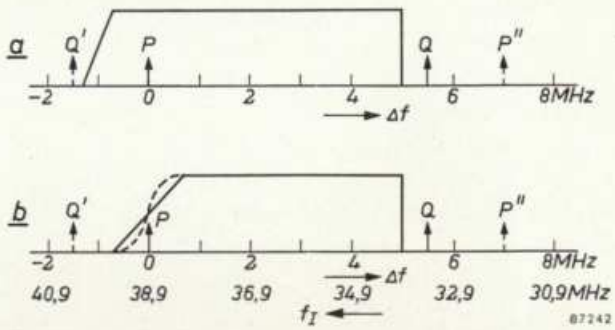



Fig. 4. *a*) Frequentiespectrum van een televisiezender volgens de Gerber-norm (toleranties weggelaten). Horizontaal is uitgezet het verschil $\Delta f$ tussen de oscillatorfrequentie en de beelddraaggolffrequentie. Bij $P$ ligt de beeld-, bij $Q$ de geluidsdraaggolf. $P''$ geeft de beelddraaggolf van het hogere buurkanaal aan, $Q'$ de geluidsdraaggolf van het lagere buurkanaal.
*b*) De corresponderende amplitudekarakteristiek van de ontvanger. De schaal der middenfrequenties $f_I$ geldt indien als middenfrequentie voor het beeldkanaal 38,9 MHz is gekozen, zoals gebruikelijk is.

De MF-versterker moet dus in het door te laten gebied een vlakke groeplooptijdkarakteristiek bezitten. De amplitudekarakteristiek moet binnen dit gebied, maar ook erbuiten (selectiviteit!), aan bepaalde eisen voldoen. Het is geenszins essentieel dat de amplitudekarakteristiek van de ontvanger een schuine flank heeft die juist het in fig. 4*b* getekende rechte verloop heeft, of benadert. Iedere karakteristiek immers die radiaal symmetrisch ten opzichte van de draaggolffrequentie verloopt, zoals de gestippelde in fig. 4*b*, levert een vlakke amplitudekromme voor de modulatie.

### Invloed van de amplitudekarakteristiek op de vorm van het signaal

Bij de hoogste modulatiefrequenties heeft de amplitudekarakteristiek volgens fig. 4*b* een bijna rechthoekig verloop. Het is niet a priori zeker dat een dergelijke wijze van afsnijden van de beeldfrequentieband de beste beeldkwaliteit tot gevolg heeft. Om dit toe te lichten, beschouwen wij een denkbeeldig netwerk dat een zuiver rechthoekige amplitudekarakteristiek heeft met afsnijding bij de grensfrequentie $f_{lim} = \omega_{lim}/2\pi$ (*fig. 5a*) en waarvan de looptijd voor alle frequenties constant is; eenvoudig-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



heidshalve stellen wij deze looptijd nul. Voert men nu aan zo'n netwerk een ingangssignaal toe dat de vorm van een sprongfunctie heeft (fig. 5*b*), dan kan men betrekkelijk eenvoudig berekenen dat het uitgangssignaal gegeven wordt door de zg. integraalsinusfunctie:

$$v_o(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\omega_{lim}} \frac{\sin \omega t}{\omega} \, d\omega . \quad . . . \quad (2)$$

Het verloop van deze functie van $t$ kan men door reeksontwikkeling berekenen; fig. 5*c* geeft het resultaat. Hierbij vallen drie eigenschappen op, en wel:

1) Reeds vóór $t = 0$ (zelfs al bij $t = -\infty$) verschilt de uitgangsspanning van nul.
2) Bij $t = 0$ verloopt $v_o$ niet oneindig steil.
3) Aan weerskanten van $t = 0$ schiet de kromme door de begin- en de eindwaarde heen, om, op grotere afstanden van $t = 0$, oscillerend tot deze waarden te naderen.

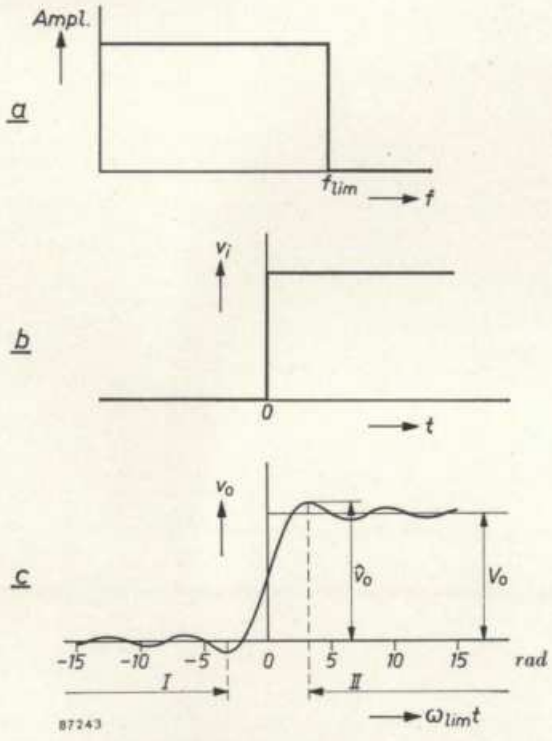



Fig. 5. *a*) Vlakke amplitudekarakteristiek van een denkbeeldig netwerk, die bij de grensfrequentie $f_{lim}$ plotseling tot nul daalt. *b*) Sprongfunctie (vgl. fig. 2*a*). *c*) Sprongkarakteristiek van het netwerk waarvan (*a*) de amplitudekarakteristiek is. $\omega_{lim} t = 10$ rad komt bij een grensfrequentie van 5 MHz overeen met $t = 0{,}32$ μs. *I* is de periode van „inschot", *II* die van „doorschot". De „doorschietfactor" is gedefinieerd als $(\hat{v}_o - V_o)/V_o$.

Het reeds „beginnen" van de functie bij negatieve waarden van $t$, dus nog voordat er een ingangsspanning is, is fysisch natuurlijk niet mogelijk. De gegeven uitkomst is echter het gevolg van de fysisch evenmin realiseerbare onderstelling dat de looptijd van een dergelijk filter nul zou zijn. Een filter met een amplitudekarakteristiek volgens fig. 5*a* kan men willekeurig goed benaderen indien men bereid is steeds meer secties aan het filter toe te voegen. Tot een zuiver rechthoekige amplitudekarakteristiek komt men pas door oneindig veel secties te gebruiken. Maar dan heeft het filter ook een oneindig lange looptijd gekregen, met andere woorden: het tijdstip $t = 0$ aan de uitgang komt overeen met $t = -\infty$ aan de ingang. Hiermee is de schijnbare irrealiteit van de eerste eigenschap verklaard.

Wij kunnen hieraan toevoegen dat men met een beperkt aantal elementen de amplitudekarakteristiek van fig. 5*a* toch wel vrij redelijk kan benaderen, maar dan treden er tegelijkertijd fazefouten op. Deze compenseren in de uitgangsspanning precies de oscillaties van fig. 5*c* voor tijden kleiner dan nul, zodat ook in dit geval er geen uitgangsspanning komt vóór het ingangssignaal er is.

De tweede eigenschap — de niet oneindig steile helling bij $t = 0$ — blijkt rechtstreeks samen te hangen met de beschikbare bandbreedte. De abscisschaal in fig. 5*c* is verdeeld in eenheden $\omega_{lim} t$; hoe groter $\omega_{lim}$, hoe steiler de kromme verloopt indien ze werd uitgezet als functie van $t$ zelf. De bereikbare steilheid van de sprong wordt dus bepaald door de bandbreedte.

De derde eigenschap — het optreden van „inschot" en „doorschot" [3]), zoals het slingeren om de begin- of eindwaarde wordt genoemd — hangt rechtstreeks samen met het abrupt tot nul doen afnemen van de amplitudekarakteristiek bij de grensfrequentie. Men kan laten zien [4]) dat de slingeringen achterwege blijven indien men voor de amplitudekarakteristiek, in plaats van het rechthoekige verloop volgens fig. 5*a*, een functie van Gauss kiest, gegeven door

$$A = A_0 \exp(-a\omega^2), \quad . . . . \quad (3)$$

zie *fig. 6a*, kromme *I*. Kiest men de parameter $a$ in (3) zo dat bij de grensfrequentie $f_{lim}$ van fig. 5*a* de kromme van Gauss al zeer veel is gedaald, dan blijkt de reactie op de sprongfunctie (fig. 6*b*) veel minder steil te lopen. Een geschikt compromis tussen steilheid en mate van in- en doorschot verkrijgt men door de amplitudekarakteristiek tot

[3]) Benamingen voorgesteld door het Nederlands Electrotechnisch Comité; zie de uitgave V 1071 van de Hoofdcommissie voor de normalisatie in Nederland, blz. 11 en 12.

[4]) Zie b.v. C. Cherry, Pulses and transients in communication circuits, Dover Publications, New York 1950, blz. 175, of K. Küpfmüller, Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung, S. Hirzel, Zürich 1952, blz. 51.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



aan de grensfrequentie te doen verlopen volgens een kromme van Gauss die bij $f_{lim}$ tot op de helft is gedaald, en daarna min of meer abrupt tot nul te doen dalen (kromme *II* in fig. 6*a*). De reactie op een sprongfunctie heeft dan een „doorschietfactor" van ca. 5%, tegenover 9% bij de integraalsinusfunctie (voor het begrip „doorschietfactor", zie fig. 5*c*).

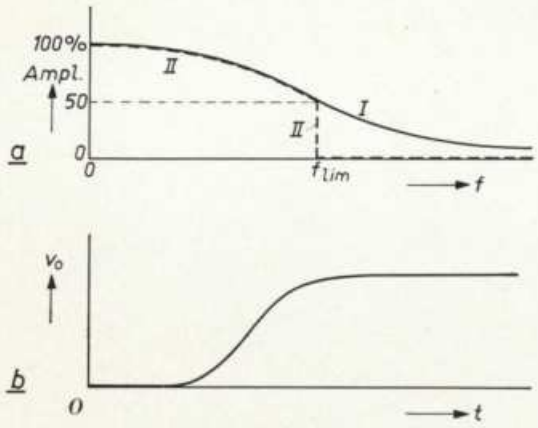



Fig. 6. *a*) *I* amplitudekarakteristiek volgens een functie van Gauss. *II* idem, maar bij de grensfrequentie $f_{lim}$ plotseling van 50% tot nul dalend.
*b*) Sprongkarakteristiek van een netwerk dat *I* in (*a*) tot amplitudekarakteristiek heeft.

## Selectiviteitseisen en looptijdfouten

Tot zover hebben wij alleen nog maar de amplitudekarakteristiek voor het modulatiesignaal bekeken. Wij willen nu de buiten de doorgelaten band noodzakelijke selectiviteit nader preciseren. Enerzijds moet het „eigen geluid" (waarvan de centrale draaggolffrequentie 5,5 MHz verschilt met de beelddraaggolffrequentie) onderdrukt worden, en anderzijds moet men rekening houden met de mogelijkheid van storing door de in frequentie naastliggende zenders. Daar per televisiekanaal een bandbreedte van 7 MHz beschikbaar is, bevindt de naastliggende geluidsdraaggolf zich in frequentie op slechts 1,5 MHz afstand van de eigen beelddraaggolf ($Q'$-$P$, fig. 4). Bij afstemming op een zwakke zender kan het gebeuren dat het signaal van een zender in een buurkanaal stoort. Het signaal van de naastliggende geluidsdraaggolf dringt dan door tot de videodetector en is oorzaak van een videofrequente component van 1,5 MHz, die in het beeld zeer storend kan zijn.

Om deze reden is het noodzakelijk de naastliggende geluidsdraaggolf sterk te onderdrukken; voor goede ontvangers eist men ten minste een 100-voudige verzwakking ten opzichte van het maximum in de MF-amplitudekromme. Aan de andere zijde van het doorgelaten gebied moet de eigen geluidsdraaggolf onderdrukt worden. Deze onderdrukking (de eis is 200-voudig) behoeft echter niet volledig in de MF-versterker te gebeuren; omdat de corresponderende videofrequentie (5,5 MHz) toch buiten de beeldfrequentieband valt, die slechts tot 5 MHz reikt, kan men immers het eigen geluid deels ook onderdrukken in de videoversterker. Voor ontvangers met interdraaggolfdetectie [5]) schrijft men veelal 20-voudige onderdrukking in het MF-gedeelte voor.

Dit alles is niet bijzonder moeilijk te realiseren zolang het alleen gaat om de amplitudekarakteristiek. Het eerder gesignaleerde effect dat in

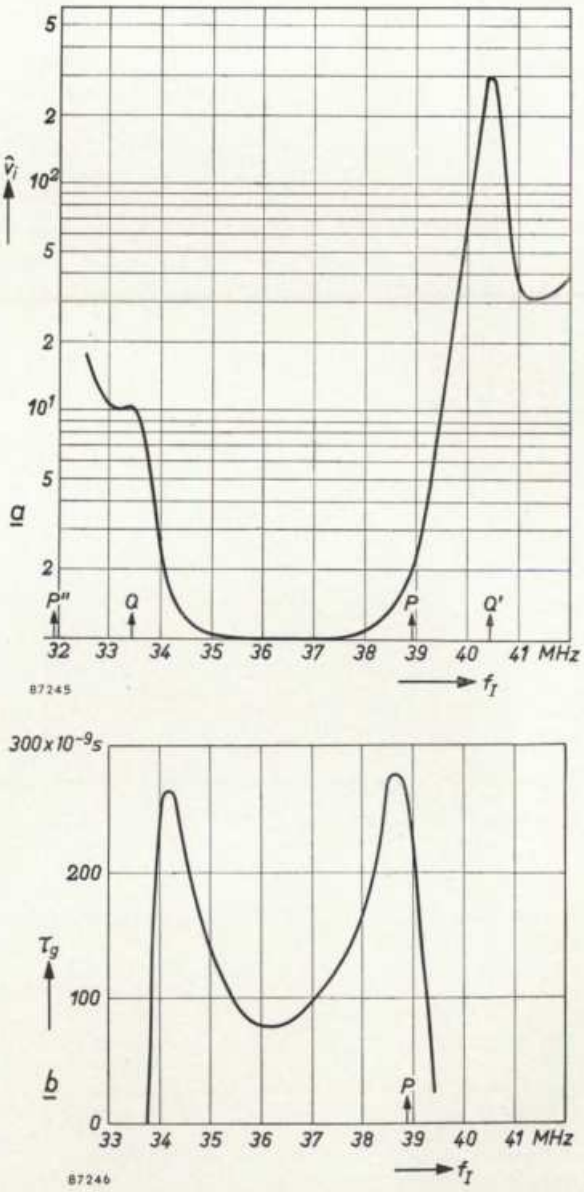



Fig. 7. *a*) Selectiviteitskromme en (*b*) groeplooptijdkromme, gemeten aan de middenfrequentieversterker van een normale televisieontvanger. (Bij (*a*) is op logaritmische schaal het ingangssignaal $\hat{v}_i$ uitgezet dat nodig is om een bepaald uitgangssignaal te leveren.) Voor $P$, $Q$, $P''$ en $Q'$, zie fig. 4.

[5]) Zie b.v. Philips techn. T. **16**, 199, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



de nabijheid van frequenties waar sterke oneffenheden in de amplitudekarakteristiek optreden, de looptijd afwijkingen gaat vertonen, gooit nu echter roet in het eten. Dit is bijzonder duidelijk te zien in de grafieken *fig. 7a* en *b*, die de selectiviteitskromme [6]) resp. de groeplooptijdkromme geven zoals deze zijn gemeten aan de MF-versterker van een normale televisieontvanger. Men ziet dat aan weerskanten van het midden van de frequentieband de groeplooptijdkromme al veel eerder begint af te wijken dan de selectiviteitskarakteristiek. Grote gebeurtenissen op amplitudegebied werpen kennelijk hun schaduw in het groeplooptijdgebied vooruit.

De invloed van MF-groeplooptijdvariaties op het modulatiesignaal is aan de kant van de beelddraaggolf (lage modulatiefrequenties) veel ernstiger dan aan de andere kant van de doorgelaten band (hoge modulatiefrequenties). Dit volgt uit de berekening van de corresponderende fazelooptijden van de modulatiecomponenten volgens verg. (1). In deze vergelijking wordt immers de groeplooptijd geïntegreerd over een zeker frequentiegebied, om daarna te worden gedeeld door de desbetreffende modulatiefrequentie ($\omega_m$). In *fig. 8a* zijn twee hypothetische groeplooptijdkrommen getekend; *I* vertoont een variatie in $\tau_g$ in de nabijheid van de draaggolffrequentie en loopt verder vlak, *II* vertoont een even grote variatie, maar in een frequentiegebied dat veel verder van de draaggolffrequentie verwijderd is. Men ziet dat de integraal voor $\omega_m = \omega_{m1}$ bij kromme *I* hetzelfde oplevert als voor $\omega_m = \omega_{m2} \gg \omega_{m1}$ bij kromme *II* (de twee gearceerde oppervlakken zijn namelijk even groot), maar om $\tau_{fm}$ te vinden, moeten we de integraal nog delen door $\omega_{m1}$ resp. $\omega_{m2}$. Daar $\omega_{m1}$ kleiner is dan $\omega_{m2}$, heeft een groeplooptijdverloop als dat volgens *I* een grotere storende invloed op het beeld dan een verloop volgens *II*.

In fig. 8*b* is dit zelfde effect nog eens gedemonstreerd aan een groeplooptijdkromme die aan een bepaalde MF-versterker gemeten werd. De draaggolffrequentie zou in dit geval 38,9 MHz bedragen. Uit de gemeten groeplooptijdkromme $\tau_g$ is door grafische integratie de fazelooptijd van het videofrequente signaal (voor zover afkomstig van de onderzijband) bepaald; kromme $\tau_f$ geeft het verloop hiervan. Heel duidelijk ziet men dat de sterke variaties in de groeplooptijd bij de hoge videofrequenties toch maar tot zeer beperkte variaties in de fazelooptijd aanleiding geven.

De fazefouten die geïntroduceerd worden door het aanbrengen van blokkeer- of zuigkringen voor het geluid van de naastliggende zender — op slechts 1,5 MHz frequentieafstand, zie fig. 4 — zijn dan ook vele malen hinderlijker dan de fazefouten die optreden bij de hoge modulatiefrequenties (tot 5 MHz), bij voorbeeld door de onderdrukking

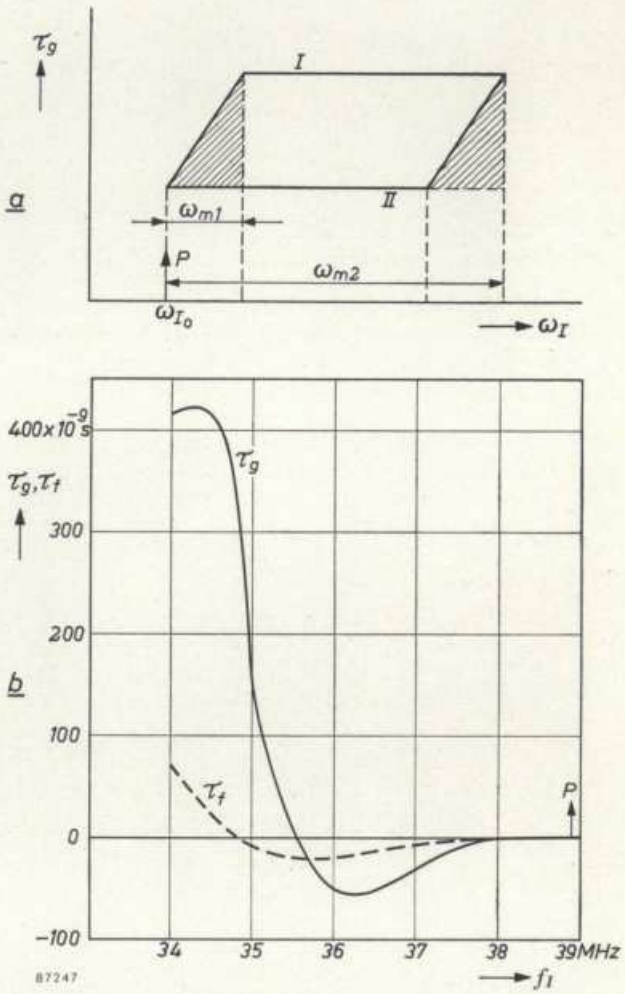



Fig. 8. *a*) Vergelijking van twee hypothetische groeplooptijdkrommen (*I*, *II*) van een MF-versterker. *II* is gunstiger dan *I*, omdat het stijgende deel van *II* verder van de MF draaggolf *P* verwijderd is dan *I*.
*b*) Gemeten groeplooptijdverloop $\tau_g$ van een normale MF-versterker; door grafische integratie is daaruit de fazelooptijd $\tau_f$ afgeleid.

van de eigen geluidsdraaggolf (frequentieafstand 5,5 MHz). In de praktijk van de televisieontvangst uiten de eerstgenoemde, ernstigste, fazefouten zich vooral als „vegen" achter — d.w.z. rechts van — scherpe zwart-witovergangen in het beeld.

In *fig. 9* is de reactie op twee sprongfuncties getekend, de ene van wit naar zwart, de andere van zwart naar wit. De getrokken kromme geldt zonder de hier beschouwde fazedistorsie, de gestippelde kromme met deze distorsie. In het televisiebeeld is het zwarter-dan-zwart zijn vóór de tweede sprong natuurlijk niet te zien; wat men wèl ziet, is dat deze

[6]) Selectiviteitskromme noemt men de karakteristiek waarvan de ordinaten het reciproke zijn van die der amplitudekromme.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



helderheidssprong niet zwart-wit is, maar zwartgrijs, met een geleidelijke overgang („veeg") naar wit. Het beeld verliest hierdoor veel aan scherpte.

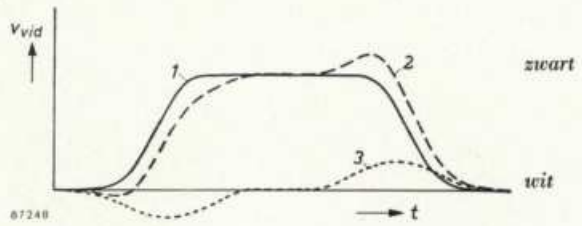



Fig. 9. Reacties op een sprong wit-zwart, gevolgd door een sprong zwart-wit; $v_{vid}$ = videospanning aan de stuurelektrode van de weergeefbuis. Getrokken kromme *1* zonder, gestippelde kromme *2* (som van *1* en de kromme *3*) met fazedistorsie. De afwijking tussen *2* en *1* bij *a* doet zich in het beeld voor als een hinderlijke grijze „veeg".

## Mogelijke oplossingen

Er zijn drie manieren waarop men kan trachten de nadelige invloed van de besproken fazefouten op te heffen:

1) door compensatie in het videogedeelte van de ontvanger,
2) door compensatie in het videogedeelte van de zender, en
3) door gebruik van een inherent fazelineaire MF-versterker in de ontvanger.

De laatste methode ligt op het eerste gezicht het meest voor de hand, maar is tot dusverre nergens in praktijk gebracht. Dit hangt ten nauwste samen met een zeer merkwaardige gewoonte die in de televisieontvangertechniek is binnengeslopen. Dat bij televisie de faze-eigenschappen van belang zijn, is algemeen bekend, maar niettemin is noch bij het ontwerp, noch bij de constructie, noch bij de fabricage van vermoedelijk vrijwel alle zwart-witontvangers die op dit ogenblik bestaan, de fazekarakteristiek als zodanig in aanmerking genomen, gemeten of gecontroleerd!

Er zijn twee oorzaken van deze zonderlinge situatie aan te wijzen. Enerzijds is het meten van looptijdkarakteristieken pas na de oorlog een onderwerp van studie geworden. Hoewel sindsdien verschillende apparaten hiervoor zijn uitgewerkt, waren deze in het algemeen zo ingewikkeld dat zij voor gebruik in ontwikkellaboratoria minder geschikt waren — om van toepassing bij de fabricage maar te zwijgen. Pas onlangs zijn in het Philipslaboratorium te Eindhoven groeplooptijdmeters ontwikkeld (*fig. 10*) die rechtstreeks de groeplooptijdkarakteristiek op een katodestraalbuis zichtbaar maken en die zo eenvoudig zijn dat zij voor controle van de fabricage dienst kunnen doen.

Directe meting van de faze-eigenschappen was dus moeilijk. Men was er daardoor in den beginne wel toe genoodzaakt het ontwerp van televisieontvangers alleen te baseren op de amplitudekarakteristiek. Aanvankelijk gaf dit redelijk goede resultaten. Dit was te danken aan het feit dat men nog niet de hoge selectiviteitseisen van tegenwoordig behoefde te stellen. Bovendien pleegt men nu eenmaal in het begin van een technische ontwikkeling zijn eisen in het algemeen nog niet zeer hoog te stellen.

Opgemerkt zij nog dat er natuurlijk altijd een controle op de faze-eigenschappen mogelijk is door de beeldkwaliteit te beoordelen, en dat men er ook een indruk van krijgt door de reactie van de complete ontvanger op een sprongfunctie op een oscillograaf zichtbaar te maken. Men kan met deze methodes wel beoordelen *of* er vervorming optreedt, maar over de aard en de oorzaak ervan is op deze wijze moeilijk iets te zeggen.

Inmiddels had men in de ontwikkellaboratoria het slechter worden van het beeld, als gevolg van het opvoeren van de selectiviteit, niet lijdelijk aangezien. Langs empirische weg heeft men gezocht naar middelen om dit euvel te bestrijden. Dit bleek tot op zekere hoogte mogelijk door de amplitudekarakteristiek van de videofrequentieversterker (VF-versterker), die men tot dusverre uiteraard zo vlak mogelijk had laten verlopen, een geprononceerde bobbel te geven tussen 1 en 2 MHz. Dit gaf een aanzienlijke verbetering van de beeldkwaliteit. Nadere analyse van wat hier plaatsvond, heeft geleerd dat er nu in de VF-versterker fazefouten werden geïntroduceerd die de fazefouten van de MF-versterker ongeveer compenseren. Wel had men er een amplitudedistorsie bij gekregen, maar de nadelige invloed hiervan bleek veel minder te zijn dan die van de oorspronkelijke fazefouten. Het beeld werd dus beter, zonder nochtans optimaal te zijn voor de gegeven breedte van de frequentieband.

Als van de MF-versterker de draaggolffrequentie, de amplitude- en de looptijdkarakteristiek gegeven zijn, kan men de overeenkomstige fazedistorsie van het VF-signaal nauwkeurig berekenen. Men kan dan ook in principe in het VF-deel deze fazefouten met behulp van de eerder genoemde „all-pass" netwerken zo goed compenseren als men wil. In de praktijk echter doet men dit niet, omdat het de kosten van het toestel op ontoelaatbare wijze zou verhogen. Daarom beperkt men zich tot de hierboven genoemde niet ideale, maar wel goedkope oplossing.

Een andere oplossing — boven onder (2) genoemd — is VF-fazecompensatie in de zender. Daar is de kostenfactor van veel minder belang

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



en voor de toepassing van dit middel dan ook in het geheel niet prohibitief. Een voor de hand liggend bezwaar is, dat, om de maatregel effectief te doen zijn, alle televisieontvangtoestellen een zelfde MF-looptijdkarakteristiek zouden moeten hebben, wat in feite niet het geval is. Er zijn nog andere bezwaren aan deze oplossing verbonden; wij komen daarop aan het einde van dit artikel terug.

deutsche Rundfunk heeft dit probleem systematisch uitgewerkt. Men is daar uitgegaan van een MF-amplitudekarakteristiek van de ontvanger, welke karakteristiek enerzijds voldoet aan redelijke selectiviteitseisen en anderzijds kan worden gerealiseerd met behulp van minimumfazenetwerken. De bijbehorende looptijdkromme kan dan berekend worden, en hierop behoort dan zowel de compensatie in alle zenders als het ontwerp van alle toekomstige ontvangers gebaseerd te worden. Deze oplossing van de Nordwestdeutsche Rundfunk is zonder twijfel een van de best doordachte uitwerkingen van het compensaticsysteem.

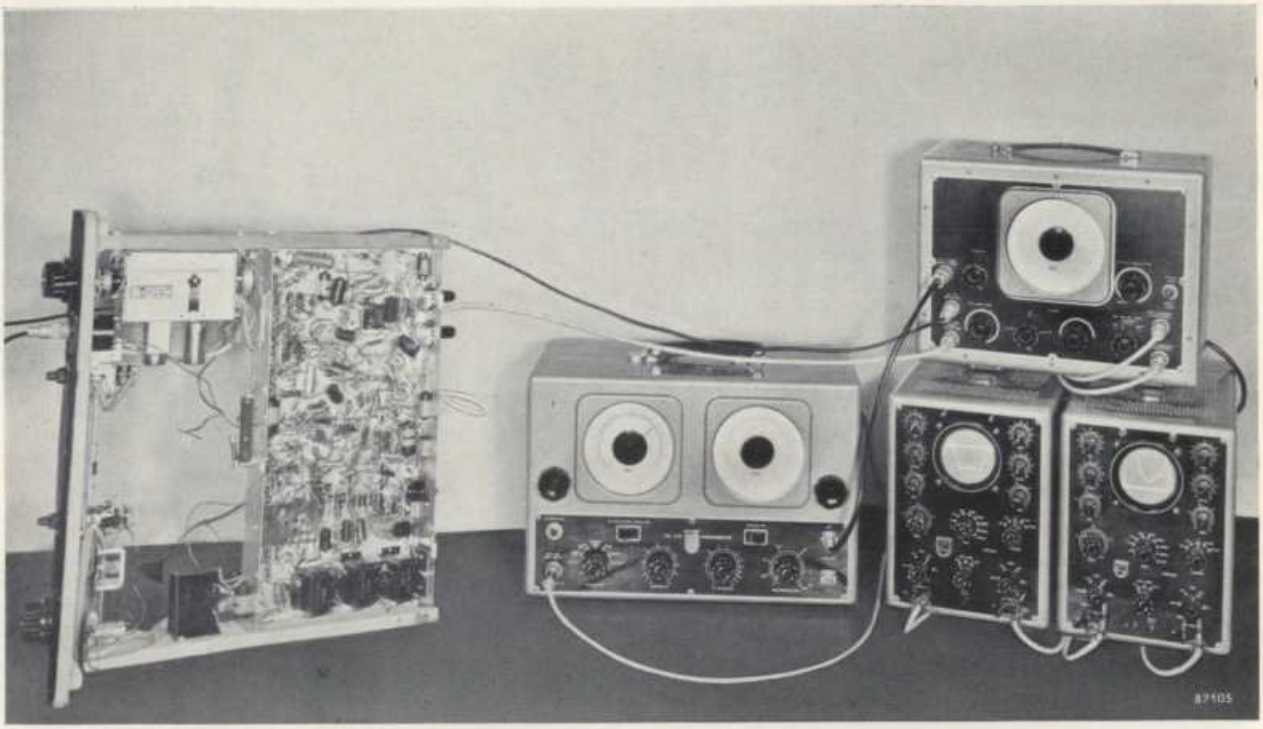


Fig. 10. Controle van de selectiviteits- en de groeplooptijdkarakteristiek van de MF-versterker van een televisieontvanger.
*Links:* chassis van de ontvanger. *Midden:* signaalgenerator (wobbulator type GM 2889). *Rechts:* twee oscillografen en daarboven een apparaat dat op de linker oscillograaf de selectiviteitskarakteristiek zichtbaar maakt en op de rechter oscillograaf de groeplooptijdkarakteristiek. Dit meetapparaat is onlangs in fabricage genomen (type GM 2894).

Het is nuttig hier ook een enkel woord te wijden aan de faze-eigenschappen van de zender. Het filter dat de ongewenste zijband in het antennesignaal moet onderdrukken, introduceert namelijk ook vrij grote fazefouten. Egalisatie hiervan in het HF-antennecircuit is technisch niet wel mogelijk wegens het grote vermogen dat hier in het spel is. Men past daarom aan de zenderzijde steeds een compensatie in het VF-deel toe, welke dus de fazefouten van het eenzijbandfilter zo goed mogelijk moet opheffen.

Om het effect van deze compensatie te controleren, bekijkt men het beeld op een ontvanger — b.v. een willekeurige, normale, ontvanger. Regelt men de compensatie zodanig dat dit beeld zo goed mogelijk van kwaliteit wordt, dan compenseert men dus tevens voor de fazefouten van de gebruikte ontvanger. Bezitters van soortgelijke ontvangers zullen dan een goed beeld te zien krijgen, maar op ontvangers met betere faze-eigenschappen zal het beeld slechter zijn!

Compensatie aan de zenderzijde van fazefouten van de ontvangers behoort daarom gebaseerd te zijn op een gestandaardiseerde looptijdkromme van de ontvanger. De Nordwest-

Tot het invoeren van fazecompensatie aan de zenderzijde is men gekomen omdat men meende dat een selectieve ontvanger alleen fazelineair gemaakt zou kunnen worden door het gebruik van gecompliceerde en dus dure schakelingen. In het volgende willen wij trachten deze mening te weerleggen, waardoor de noodzaak van fazecompensatie in de zender in een geheel ander licht zal komen te staan.

## Eisen waaraan een fazelineaire MF-versterker moet voldoen

Alvorens in te gaan op de wijze waarop een fazelineaire MF-versterker zou kunnen worden gerealiseerd, geven wij een specificatie van de eisen waaraan zulk een versterker moet voldoen voor zover het de amplitudekarakteristiek betreft.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Binnen de doorgelaten band geldt dat bij de MF draaggolffrequentie de amplitudekarakteristiek tot op de helft gedaald moet zijn en overigens zo moet lopen dat ze voor de VF modulatie de gewenste vorm heeft.

Buiten de doorgelaten band moet aan het volgende zijn voldaan:

1) Bij de draaggolffrequentie van het „eigen geluid" moet de versterking ongeveer een factor 20 zijn afgenomen (dat dit niet méér mag zijn, hangt samen met de algemeen toegepaste interdraaggolfdetectie [5]).
2) Bij de frequentie die overeenkomt met de geluidsdraaggolf van het naburige kanaal, moet de versterking ten minste een factor 100 kleiner zijn.
3) Voorbij deze frequentie mag de onderdrukking geringer zijn, omdat de modulatiediepte van de hoogste beeldfrequenties in het naburige beeldkanaal altijd vrij klein is. Bij de Gerber-norm verhouden de vermogens van de geluids- resp. beelddraaggolf zich als 1 : 5. De geluidsdraaggolf kan worden opgevat als een enkelzijbandmodulatie van de beelddraaggolf, met een modulatiefrequentie van 5,5 MHz. Bij 100% modulatiediepte zou het vermogen van iedere zijbandcomponent gelijk zijn aan $^1/_4$ van het draaggolfvermogen. Bij de genoemde verhouding van 1 : 5 is de geluidsdraaggolf dus te beschouwen als een zijbandcomponent waarvan de modulatiediepte $\sqrt{^4/_5} \times 100 = 89\%$ bedraagt. Als 100-voudige verzwakking van deze „modulatiecomponent" voldoende is, zal een b.v. 20-voudige verzwakking van de veel zwakkere hoogste beeldmodulatiecomponenten zeker genoeg zijn.
4) Voor de twee naburige beelddraaggolven, die op +7 en −7 MHz frequentieafstand van de eigen beelddraaggolffrequentie liggen, moet de verzwakking ook ten minste 100-voudig zijn; dit is steeds gemakkelijk te bereiken.

Over de mogelijkheid hoe aan deze amplitude-eisen kan worden voldaan en hoe bovendien in de doorgelaten band een lineaire fazakarakteristiek kan worden gerealiseerd, wordt informatie verschaft door een fundamentele relatie tussen de amplitude- en de fazekarakteristiek van minimumfazenetwerken. In een eerdere paragraaf hebben wij al besproken dat iedere verandering in het verloop van de amplitudekarakteristiek invloed moet hebben op de vorm van de faze- of looptijdkarakteristiek. Het is mogelijk, voor minimumfazenetwerken een analytische betrekking te geven die de amplitude- en de fazekarakteristiek onderling koppelt, in dien zin dat, als één van de twee voor alle frequenties van nul tot oneindig is gegeven, de andere daardoor vastligt. Dit analytische verband wordt wel de relatie van Bode genoemd [7]) en kan als volgt worden geschreven:

$$\tau_{fc} = \frac{\omega_c}{\varphi_c} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{A - A_c}{\omega^2 - \omega_c^2} \, d\omega. \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Hierin is $\tau_{fc}$ de fazelooptijd bij de hoekfrequentie $\omega_c$, $\varphi_c$ de fazeverschuiving bij deze hoekfrequentie, en $A$ het „insertion loss", d.i. een logaritmische maat voor de verzwakking in het beschouwde netwerk, in dien zin dat de versterking ervan evenredig is met $e^{-A}$.

Nu willen wij de gewenste amplitudekarakteristiek voorlopig buiten beschouwing laten en trachten uit (4) af te leiden welke amplitudekarakteristiek te voorschijn komt indien wij een lineair fazeverloop verlangen. De beschouwde frequentieband zij voorlopig die der videofrequenties, dus van nul tot een zekere grensfrequentie.

Voor een lineair fazeverloop moet de fazelooptijd constant zijn, d.w.z. de waarde van de integraal in (4) mag niet afhangen van $\omega_c$. Dit is het geval indien $A$ een kwadratische functie van $\omega$ is:

$$A = a\omega^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

omdat dan de breuk onder het integraalteken overgaat in $a$. Voor de looptijd vindt men nu echter de waarde oneindig. Het is niet nodig hiervoor een fysische verklaring te zoeken, want het toepassen van verg. (4) op een amplitudekarakteristiek volgens (5) is niet toelaatbaar: bij de afleiding van (4) is het namelijk nodig bepaalde beperkingen in te voeren, en deze beperkingen sluiten een verloop als dat volgens (5) uit [8]).

Toch is het mogelijk het door (5) gegeven kwadratisch-exponentiële amplitudeverloop als basis voor de verdere beschouwingen te nemen, en wel dank zij de invloed van de „gewichtsfactor" $1/(\omega^2 - \omega_c^2)$ in de integraal van (4). Deze gewichtsfactor is in de naaste omgeving van $\omega_c$ zeer groot; daardoor worden de fazehoek en de fazelooptijd in dit frequentiegebied — hoewel uiteraard afhankelijk van het verloop van $A$ bij alle frequenties tussen nul en oneindig — in zeer sterke mate bepaald door de wijze waarop $A$ varieert in de naaste omgeving van $\omega_c$.

---

[7]) H. W. Bode, Network analysis and feedback amplifier design, Van Nostrand, New York 1953, blz. 302-336.
[8]) J. Peters, Einschwingvorgänge, Gegenkopplung, Stabilität; J. Springer, Berlijn 1954, blz. 43-44.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Op grond van deze eigenschap kan men het volgende postuleren: *indien men ervoor zorgt dat tot een zekere grensfrequentie de verzwakkingsfactor A kwadratisch verloopt, en dat buiten deze frequentieband A niet te snel van een kwadratisch verloop gaat afwijken, mag men binnen de frequentieband een lineaire fazekarakteristiek verwachten, met ten hoogste in de buurt van de grensfrequentie afwijkingen van betekenis.* Deze verwachting blijkt in de praktijk te worden bevestigd, zoals wij nog zullen laten zien.

Onze eerste conclusie is dus dat de amplitudekarakteristiek van een fazelineaire videofrequentieversterker in het doorgelaten gebied wordt gegeven door $\exp(-a\omega^2)$, dus een kromme van Gauss is.

Nu was het ons niet te doen om een VF-, maar om een MF-versterker, dus om een banddoorlatend netwerk. Er is echter een netwerktheorema volgens hetwelk iedere VF-karakteristiek ook gerealiseerd kan worden als de helft van een karakteristiek van een doorgelaten frequentieband van een banddoorlatendfilter (*fig. 11*), mits de band relatief smal is. Dank zij deze stelling mogen de amplitude- en faze-eigenschappen zoals boven besproken, direct worden overgedragen op de doorgelaten band van een filter.

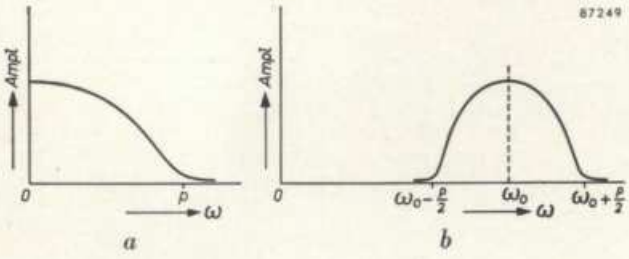



Fig. 11. *a*) Amplitudekarakteristiek van een laag doorlatend netwerk, lopend van $\omega = 0$ tot $\omega = p$.
*b*) Amplitudekarakteristiek van een banddoorlatend netwerk, lopend van $\omega_1 = \omega_0 - \frac{1}{2}p$ tot $\omega = \omega_0 + \frac{1}{2}p$.
De karakteristiek *a* kan men beschouwen als de rechterhelft van de karakteristiek *b*, die over een afstand $\omega_0$ naar links is verschoven, waarbij de abscis een factor 2 werd vergroot.

Om bij een banddoorlatend filter een lineaire fazekarakteristiek te krijgen, moet men de selectiviteitskarakteristiek in de doorgelaten band dus doen verlopen volgens een kromme van Gauss. MF-selectiviteitskarakteristieken tekent men meestal met logaritmische amplitudeschaal; de kromme van Gauss wordt dan een parabool.

Alvorens in te gaan op de vraag of een dergelijke kromme geschikt is voor het overbrengen van een op een draaggolf gemoduleerd beeldsignaal, willen wij laten zien in hoeverre een amplitudekromme volgens Gauss in de praktijk samengaat met een lineaire fazekarakteristiek, of, in dit geval, een vlakke groeplooptijdkarakteristiek.

Bij bredebandversterking werkt men veelal met verscherfde kringen („staggered circuits"); hierbij

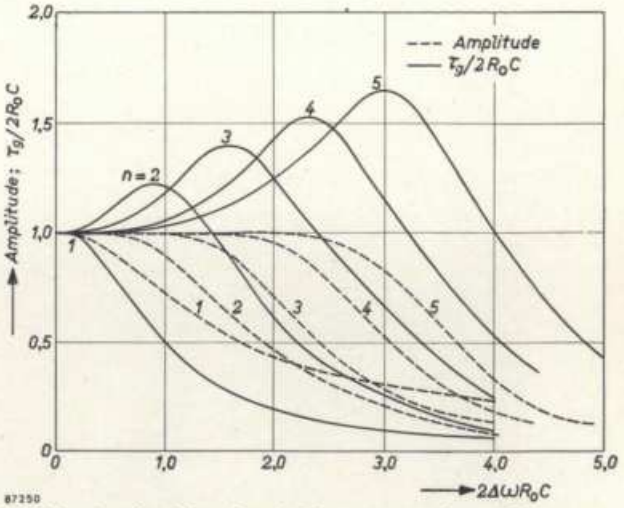



Fig. 12. Amplitudekarakteristieken en groeplooptijdkrommen van één helft van de doorgelaten band van een bredebandversterker met $n$ verscherfde kringen, met $n$ als parameter. De grootheid $R_0C$ is een maat voor de gemiddelde impedantie van de $n$ kringen. Bij de dimensionering is gestreefd naar een vlakke amplitudekromme.

worden in de verschillende trappen van een cascadeversterker *LC*-kringen gebruikt die ten opzichte van elkaar verstemd en verschillend gedempt zijn. Men dimensioneert de kringen zo dat de amplitudekarakteristiek van de gehele versterker zo vlak mogelijk is.

Men kan de kringen ook zo dimensioneren dat de groeplooptijdkromme zo vlak mogelijk is. In *fig. 12* en *13* zijn amplitude- en groeplooptijdkrommen van één helft van de doorgelaten band getekend voor verschillende aantallen kringen. In het geval van fig. 12 is gestreefd naar een vlakke amplitudekromme, in dat van fig. 13 naar een vlakke groeplooptijdkarakteristiek. Men ziet in fig. 12

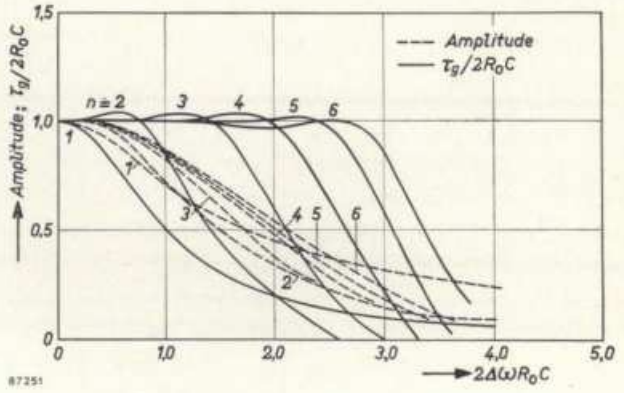



Fig. 13. Als fig. 12, doch nu is gestreefd naar een constante groeplooptijd.

dat bij toenemend aantal kringen $n$ de amplitudekromme vlak blijft tot een steeds hoger wordende grensfrequentie, maar dat in de buurt van die grensfrequentie de looptijd dan juist hoe langer hoe

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



meer van een vlak verloop gaat afwijken. In fig. 13 ziet men, dat, naarmate het aantal kringen groter is, over een groter frequentiegebied een nagenoeg constante groeplooptijd wordt verkregen, maar dat binnen dit gebied de amplitudekarakteristiek steeds grotere afwijkingen gaat vertonen.

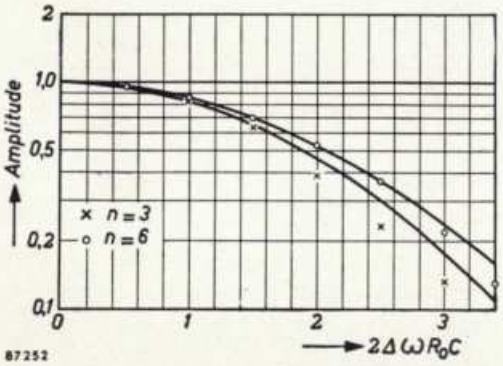



Fig. 14. Kruisjes: punten van de amplitudekarakteristiek van fig. 12 voor $n = 3$; cirkeltjes: idem voor $n = 6$. De getrokken krommen zijn parabolen die voor kleine absciswaarden zo goed mogelijk door de kruisjes resp. cirkeltjes gaan.

Om te laten zien in hoeverre deze amplitudekrommen een functie van Gauss benaderen, hebben wij in *fig. 14* de amplitudekrommen van fig. 13 op logaritmische schaal aangeduid door kruisjes voor het geval van drie, en met cirkeltjes voor het geval van zes kringen. De getrokken lijnen zijn parabolen, waarvan de parameter zo is gekozen dat zij voor kleine waarden van de abscis zo goed mogelijk met de amplitudekrommen van fig. 13 overeenstemmen. Merkbare afwijkingen beginnen op te treden bij absciswaarden van 1,6 voor drie, en van 2,8 voor zes kringen. In fig. 13 zien we dat inderdaad bij deze waarden de groeplooptijd aanzienlijk van de constante waarde gaat afwijken.

**De kromme van Gauss als MF-selectiviteitskromme**

Om na te gaan in hoeverre een functie van Gauss geschikt is als amplitudekarakteristiek van een MF-versterker, hebben wij in *fig. 15a* zulk een functie op logaritmische schaal getekend, dus een parabool (kromme $I_a$). De parameter van deze parabool hebben wij zo gekozen dat zowel bij de MF beelddraaggolffrequentie (38,9 MHz) als bij de zijbandfrequentie die overeenkomt met een modulatiefrequentie van 4,5 MHz (hier dus 34,4 MHz) de versterking een factor 2 gedaald is. Men kan nu voor dit geval (indien de modulatiediepte klein is) de modulatie-amplitudekromme gemakkelijk berekenen door voor iedere modulatiefrequentie de grootte van de beide zijbandcomponenten uit de figuur af te lezen en deze waarden bij elkaar op te tellen. Het resultaat is de kromme $I_b$ in fig. 15*b*.

De kromme $II_b$ geeft een modulatie-amplitudekromme zoals men zich deze als de meest gewenste kan voorstellen; een zekere daling treedt al op vóór de grensfrequentie om de doorschietfactor te beperken. We zien dat de krommen $I_b$ en $II_b$ al niet veel verschillen; het verschil wordt nog kleiner als we, rekening houdend met de selectiviteitseisen, in aanmerking nemen dat de kromme $I_a$ boven de draaggolffrequentie veel te langzaam stijgt. Laten wij een moment de mogelijke invloed op de looptijdkromme buiten beschouwing en trekken wij een lijn $III_a$ die overeenkomt met de vereiste selectiviteit, dan blijkt de bijbehorende modulatie-amplitudekromme $III_b$ inderdaad de vorm van de gewenste kromme $II_b$ nog beter te benaderen. Wij willen echter niet trachten, op grond van deze toch wel wat hypothetische overwegingen tot verdere perfectionering van de amplitudekromme te geraken maar keren terug tot de faze-eigenschappen.

Het volgende probleem is nu, van de Gauss-kromme zodanig af te wijken dat voldaan wordt aan de selectiviteitseisen, terwijl toch in het doorgelaten

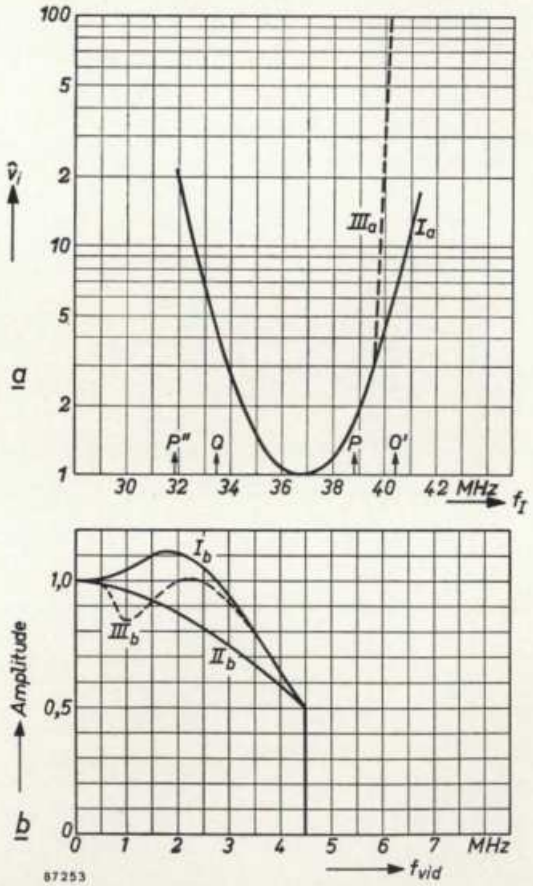



Fig. 15. *a*) $I_a$ parabool (functie van Gauss) als selectiviteitskarakteristiek van de MF-versterker. $III_a$ noodzakelijke selectiviteit ter onderdrukking van het geluid van het buurkanaal (draaggolf $Q'$).
*b*) Modulatie-amplitudekarakteristieken. $I_b$ correspondeert met $I_a$ in (*a*), $III_b$ met $III_a$. De gewenste karakteristiek is $II_b$ (vgl. kromme $II$ in fig. 6*a*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



gebied de groeplooptijdkromme vlak blijft. Dit is met goede benadering inderdaad te bereiken, en wel door gebruik te maken van de reeds genoemde relatie van Bode (verg. 4), volgens welke de faze bij een gegeven frequentie in hoofdzaak bepaald wordt door het amplitudeverloop in de naaste omgeving van deze frequentie. Wij schrijven voor de verzwakkingsfactor $A$ in (4):

$$A = A_1 + A_2,$$

waarin nu $A_1 = a(\omega - \omega_c)^2$ het amplitudeverloop volgens kromme $I_a$ in fig. 15 is, en $A_2$ de extraverzwakking die nodig is om de gewenste onderdrukking van de naastliggende geluidsdraaggolf te realiseren. De vergelijking voor de fazelooptijd wordt dan:

$$\frac{\varphi_c}{\omega_c} = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{A_1 - A_c}{\omega^2 - \omega_c^2}\,d\omega + \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{A_2}{\omega^2 - \omega_c^2}\,d\omega. \quad (6)$$

Daar $A_1$ volgens onderstelling een Gauss-functie is, is de eerste term in het rechterlid van (6) weer onafhankelijk van $\omega_c$; het is dus zaak $A_2$ zo te kiezen dat in de omgeving van de beelddraaggolffrequentie de tweede term weinig invloed meer heeft. Een mogelijke oplossing hiervoor is, $A_2$ overal nul te maken behalve bij die frequenties waar extra-onderdrukking nodig is, zoals in *fig. 16* is aangegeven. De grootte van $A_2$ in dit gebied is bepaald door de noodzakelijke verzwakking; de invloed op de faze bij de beelddraaggolffrequentie is kleiner naarmate de frequentieband binnen welke $A_2$ niet nul is, smaller is, omdat de waarde van de tweede integraal in (6) dan kleiner is.

Als eerste voorschrift leiden wij dus af dat de onderdrukking moet worden beperkt tot een zo smal mogelijke frequentieband, dus dat zeer selectieve blokkeer- en/of zuigkringen moeten worden gebruikt.

Een tweede kwalitatieve indicatie kan ook uit deze algemene theorie worden afgeleid. Wanneer wij aan de functie $A_2$ nog een negatief stuk toevoegen, zoals in fig. 16 gestippeld is getekend, dan kan dit voor frequenties in de buurt van de draaggolffrequentie de totale invloed van de tweede term in het rechterlid van (6) verder verkleinen. Inderdaad is bij experimenten gebleken dat bij schakelingen waarbij de amplitudekromme voorbij de te onderdrukken frequentie sterk „terugkomt", de groeplooptijdkromme in het doorgelaten gebied beter vlak loopt. Hieruit volgt dat het wenselijk is de selectiviteitseisen voor het gebied voorbij de naastliggende geluidsdraaggolf niet hoger te stellen dan werkelijk noodzakelijk is.

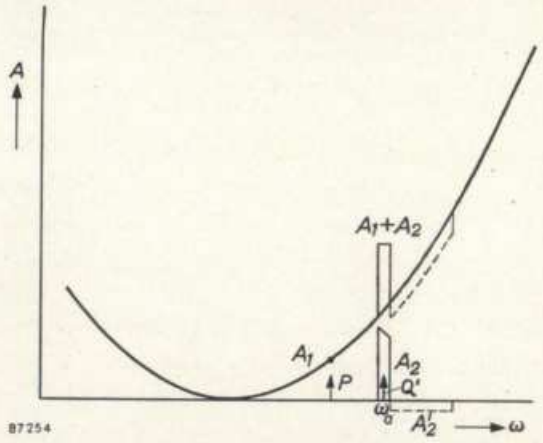



Fig. 16. $A_1$ parabolisch verlopende verzwakkingsfactor volgens functie van Gauss, $A_2$ extraverzwakking nodig om de naburige geluidsdraaggolf $Q'$ te onderdrukken.

## Ontwerp van een fazelineaire MF-versterker

Op basis van de voorgaande overwegingen hebben wij een MF-versterker ontworpen die op redelijke wijze aan de eisen voldoet (*fig. 17*). Deze versterker bestaat uit vijf trappen, te verdelen in een groep van drie trappen ($M$, $IF_1$ en $IF_2$) en een

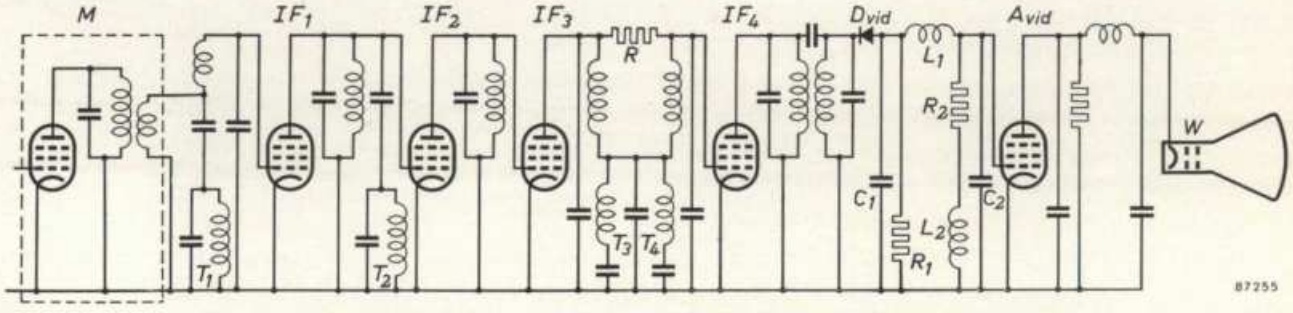



Fig. 17. Voornaamste deel van het schema van de fazelineaire ontvanger. $M$ mengtrap. $IF_1$-$IF_4$ MF-trappen. $T_1$ zuigkring die de naburige beelddraaggolf onderdrukt (31,9 MHz, $P''$ in fig. 4*b*). Zuigkring $T_2$ zorgt voor een piek in de selectiviteitskromme bij 41,4 MHz (zie kromme $I$ in fig. 18*a*, geheel rechts) en voorkomt aldus dat de selectiviteit in de omgeving van deze frequentie te klein wordt. Zuigkring $T_3$ onderdrukt de naburige geluidsdraaggolf (40,4 MHz, $Q'$), zuigkring $T_4$ de eigen geluidsdraaggolf (33,4 MHz, $Q$). Extrakoppeling via weerstand $R$ vermindert de demping van $T_3$ en $T_4$.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



groep van twee trappen ($IF_3$ en $IF_4$). Elk van deze groepen heeft binnen het doorgelaten gebied een vlakke looptijdkromme en een versterking die aan de grenzen van het gebied een factor $\sqrt{2}$ is afgenomen.

Ieder der groepen bevat, afgezien van blokkeer- en zuigkringen, vier afgestemde kringen. De eerste groep bestaat uit één trap met een bandfilter en twee trappen die ieder één, ten opzichte van de andere verstemde, kring bevatten; de twee trappen van de tweede groep zijn ieder van een bandfilter voorzien.

Onderdrukking van zowel het naburige als het eigen geluidssignaal is verkregen door parallel aan de koppelcondensator van het bandfilter in de voorlaatste trap twee seriekringen te schakelen ($T_3$ en $T_4$ in fig. 17) die afgestemd zijn op de te onderdrukken frequenties. De gewenste zeer grote selectiviteit ten opzichte van het naburige geluidskanaal is te danken aan de overbruggingsweerstand $R$, die zorgt voor een extrakoppeling welke juist in tegenfaze is met de resterende koppeling over de kring $T_4$ bij de frequentie waarop $T_4$ is afgestemd. Op deze wijze kan de schijnbare kwaliteit van $T_4$ tot willekeurig hoge waarden worden opgevoerd, althans voor zover het de restkoppeling in resonantie betreft.

De overbruggingsweerstand $R$ „ontdempt" ook de seriekring $T_3$, welke dient voor het onderdrukken van de eigen geluidsdraaggolf. Wegens de toegepaste interdraaggolfdetectie mag echter deze onderdrukking niet al te groot zijn; men heeft dit in de hand door deze seriekring kunstmatig te dempen met opzettelijk aangebrachte serieweerstand.

In fig. 17 ziet men dat de groep van de eerste drie trappen is voorzien van de kringen $T_1$ en $T_2$. Deze hebben tot doel, in een bepaald frequentiegebied een extra-onderdrukking te geven. $T_1$ doet dit bij 31,9 MHz, dus bij de volgende beelddraaggolf. $T_2$ vergroot de selectiviteit in de frequentieband voorbij de naburige geluidsdraaggolf.

De resulterende selectiviteits- en groeplooptijdkromme zijn de gestippelde krommen $I$ in *fig. 18a* resp. *b*, waarin ter vergelijking de overeenkomstige krommen van een ontvanger uit de normale fabricage zijn opgenomen ($II$), die al in fig. 7 waren afgebeeld. Het verschil in eigenschappen is evident.

Interessanter dan deze krommen is natuurlijk de kwaliteit van het ontvangen beeld. Alvorens deze te bespreken, willen wij nog vermelden dat ook de looptijdkrommen van de andere delen van de ontvanger, dus van het HF- en het VF-gedeelte, in het onderzoek werden betrokken. Hierbij bleek dat het HF-deel weinig invloed op de faze-eigenschappen van het geheel heeft, zoals ook te verwachten was. In dit gedeelte van de ontvanger bevinden zich slechts enkele afgestemde kringen; scherpe variaties in het amplitudeverloop treden niet op, en dus ook geen grote looptijdveranderingen.

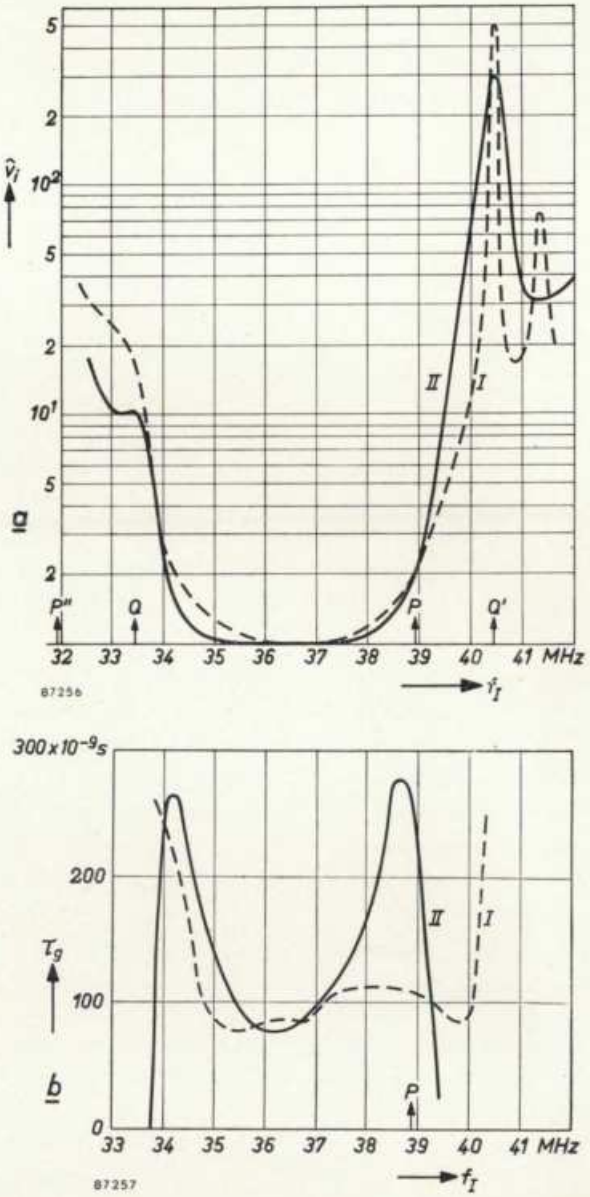



Fig. 18. *a*) Selectiviteits- en (*b*) groeplooptijdkarakteristieken, $I$ gemeten aan de fazelineaire ontvanger, $II$ gemeten aan een normale ontvanger (de krommen $II$ zijn overgenomen uit fig. 7).

Het VF-gedeelte bevat in de detectorschakeling een netwerk waarvan de eigenschappen theoretisch niet volkomen duidelijk zijn [9]). Praktisch konden echter bevredigende amplitude- en looptijdkarakteristieken van dit gedeelte zonder veel moeite worden gerealiseerd.

---

[9]) Philips Res. Rep. **10**, 291-282, 1955 (no. 4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



## Praktische resultaten

*Karakteristieken van de fazelineaire en van een normale ontvanger*

In *fig. 19* en *20* zijn VF-amplitude- en -looptijdkrommen getekend die opgenomen zijn aan de fazelineaire ontvanger (krommen *I*) en aan een normale ontvanger (krommen *II*). Bij deze meting werd aan de ontvanger een hoogfrequent signaal toegevoerd, dat gemoduleerd was met een in frequentie variabele VF wisselspanning. Gemeten werden de amplitude- en de groeplooptijdkarakteristiek, vanaf de modulator tot het rooster van de weergeefbuis; uit de groeplooptijdkarakteristiek is door grafische integratie de fazelooptijdkromme afgeleid. De ontvanger was nauwkeurig op de draaggolffrequentie afgestemd.

In beide figuren ziet men ook een gestippelde kromme *III*; deze geldt voor de normale ontvanger nadat in het VF-gedeelte hiervan de ruwe fazecompensatie was aangebracht waarvan boven sprake is geweest (blz. 44). Men ziet dat daardoor de amplitudekarakteristiek sterk vervormd wordt, terwijl, wat de faze betreft, het resultaat achterblijft bij dat van de fazelineaire ontvanger.

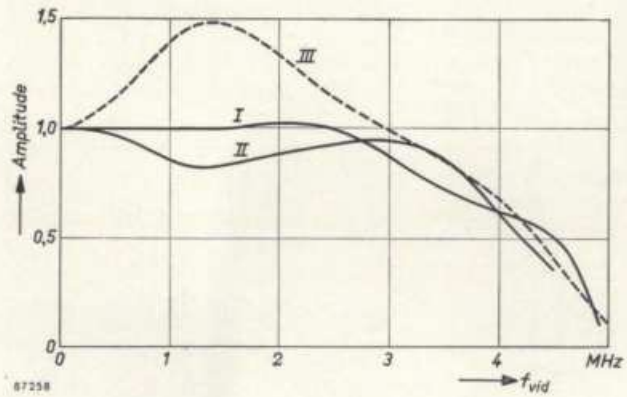



Fig. 19. Amplitudekarakteristiek, *I* van de fazelineaire ontvanger, *II* van een normale ontvanger. *III* van een normale ontvanger met een ruwe fazecompensatie in het VF-deel.

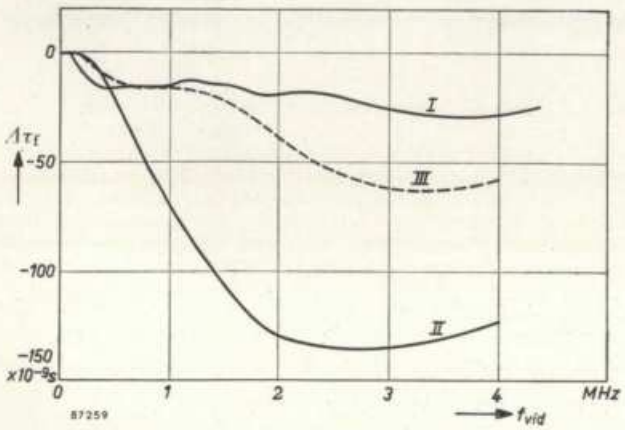



Fig. 20. Fazelooptijdkrommen, *I* van de fazelineaire ontvanger, *II* van een normale ontvanger, *III* van een normale ontvanger met een ruwe fazecompensatie in het VF-deel. (Met $\Delta\tau_f$ is bedoeld het verschil ten opzichte van de looptijd voor lage frequenties.)

*Sprongkarakteristiek. Invloed van modulatiediepte*

*Fig. 21* toont enige sprongkarakteristieken, oscillografisch aan de fazelineaire ontvanger opgenomen. Het hoogfrequente signaal was hierbij gemoduleerd met een kanteelspanning, met 15% resp. 70% modulatiediepte; fig. 21 laat zien hoe in deze beide gevallen de stuurspanning van de weergeefbuis verloopt.

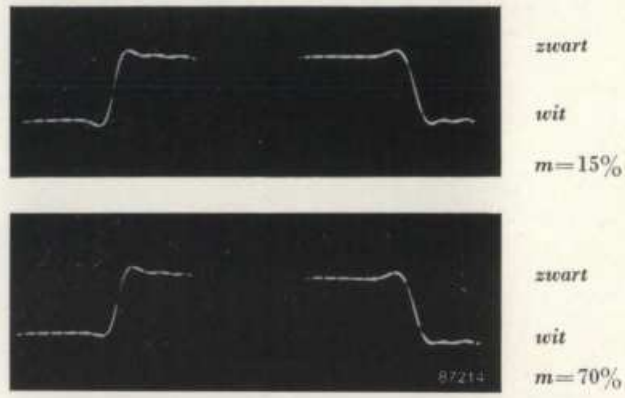



Fig. 21. Sprongkarakteristieken van de fazelineaire ontvanger: oscillogrammen van de stuurspanning aan de weergeefbuis, links bij een overgang wit-zwart, rechts bij een overgang zwart-wit; boven bij een modulatiediepte $m = 15\%$, beneden bij $m = 70\%$. De krommen zijn met tussenpozen van 0,1 µs onderbroken ter markering van de tijdschaal.

Dat de modulatiediepte verschil uitmaakt, is een gevolg van het feit dat bij televisie een asymmetrisch zijbandensysteem wordt toegepast. Dit levert bij de detectie een distorsie, die te verwaarlozen is bij kleine modulatiediepte, maar merkbaar wordt bij diepe modulatie. In *fig. 22* is deze distorsie kwalitatief weergegeven voor het geval van een kanteelvormige modulatiespanning; uit de figuur blijkt dat dit effect op zichzelf ook aanleiding geeft tot „vegen" achter scherpe overgangen van zwart

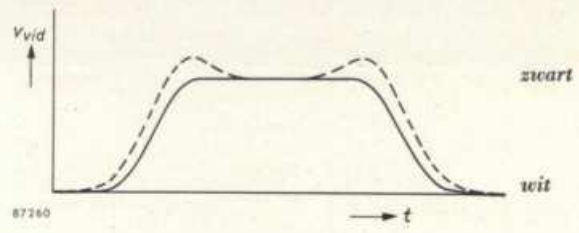



Fig. 22. Als gevolg van de distorsie die ontstaat doordat bij de televisie wordt gewerkt met een asymmetrisch zijbandensysteem, gaat de getrokken sprongkarakteristiek over in de gestippelde. Deze distorsie neemt toe met de modulatiediepte en kan een gunstig effect hebben (zie fig. 21).

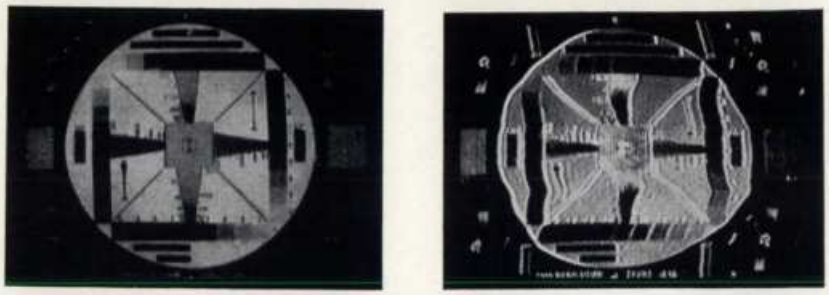
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

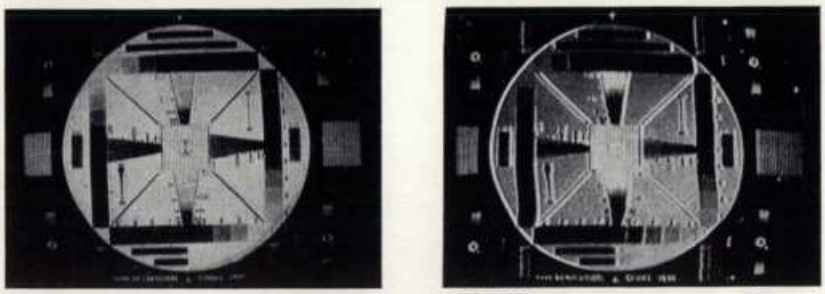


naar wit en dus de storende invloed van fazedistorsie nog vergroot. Bij een overgang van wit naar zwart is de invloed van de eenzijbanddistorsie juist tegengesteld aan die van de fazedistorsie (fig. 9) en compenseert hij deze dus min of meer.

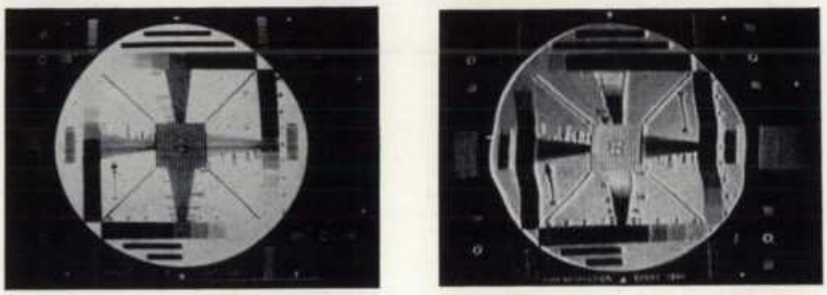
Als men de bij 15% modulatiediepte opgenomen sprongkarakteristieken in fig. 21 nauwkeurig bekijkt, ziet men dat ze — afgezien van een geringe mate van uittrillen — goed radiaal symmetrisch zijn: er is evenveel inschot als doorschot. Dit bewijst de afwezigheid van fazedistorsie, want fazedistorsie ontneemt aan de sprongkarakteristiek het radiaal symmetrische karakter (vgl. fig. 9). In de sprongkarakteristieken bij 70% modulatiediepte zien we bij de sprong van wit naar zwart aan de „witte" kant een fraai scherp omknikken van de kromme, d.w.z. het inschot wordt daar juist gecompenseerd door de distorsie die het gevolg is van de eenzijbanddetectie. Daar staat tegenover dat aan de „zwarte" zijde het doorschot ongeveer dubbel zo groot is geworden; dit is echter in het beeld niet van belang, want zwarter dan zwart is toch niet te zien. Bij de sprong van zwart naar wit gebeurt iets dergelijks: aan de „zwarte" kant verdubbeling van, nu, het inschot (wat onschadelijk is), en aan de „witte" kant compensatie van het doorschot door de eenzijbandvervorming, wat de beeldkwaliteit zeer ten goede komt. Als gevolg van een en ander is de sprongkarakteristiek van deze ontvanger vrijwel optimaal te achten.



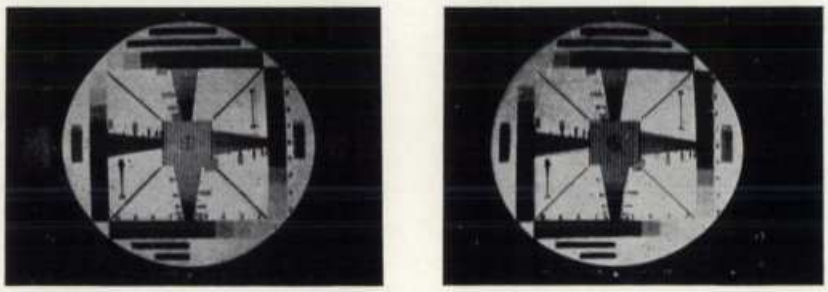
*a* Fig. 23. $\Delta f = +0{,}55$ MHz. *b*



*a* Fig. 24. $\Delta f = +0{,}50$ MHz. *b*



*a* Fig. 25. $\Delta f = +0{,}25$ MHz. *b*



*a* Fig. 26. $\Delta f = 0$. *b*

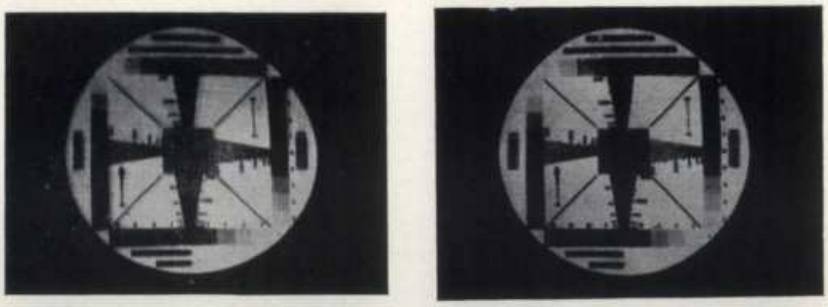
Fig. 23-30. Foto's van het beeldscherm, *a*) van de fazelineaire ontvanger, *b*) van een normale ontvanger met fazecompensatie in het videogedeelte. $\Delta f$ = verstemming van de zender (bij negatieve $\Delta f$ is de beelddraaggolf verschoven naar het midden van de doorgelaten band toe). Het scheidend vermogen in de reproduktie is beperkt door het clicheren en drukken; op het beeldscherm konden met het blote oog bij juiste afstemming (fig. 26) meer dan 400 beeldlijnen worden onderscheiden.

Deze gunstige situatie is het gevolg van twee tegelijk optredende voordelige omstandigheden: fazefouten zijn vermeden, en in samenhang hiermee is een weinig steile „Nyquist-flank" gebruikt, zoals de selectiviteitskromme in de omgeving van de draaggolffrequentie wel wordt genoemd (zie fig. 18*a*, kromme *I*). Naarmate de Nyquist-flank steiler is, krijgt het asymmetrische zijbandsysteem steeds meer de eigenschappen van een zuiver eenzijbandsysteem, met bij detectie de dientengevolge optredende distorsie. Bij een minder steile Nyquist-flank heeft men meer een overgang naar de eigenschappen van een tweezijbandsysteem, althans voor modulatiecomponenten met de laagste frequenties, welke in een sprongfunctie het sterkst aanwezig zijn en dus de grootste modulatiediepte geven. De eenzijbanddistorsie is dan dus geringer

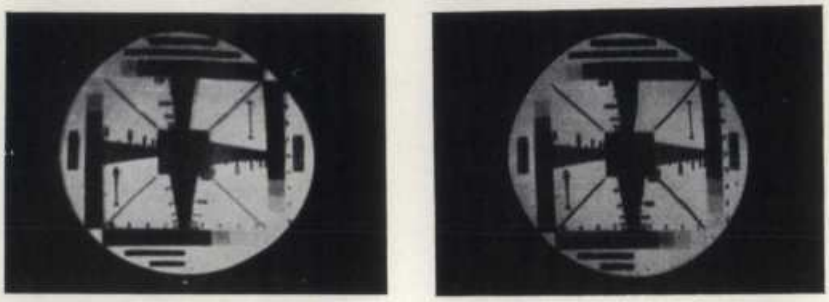
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

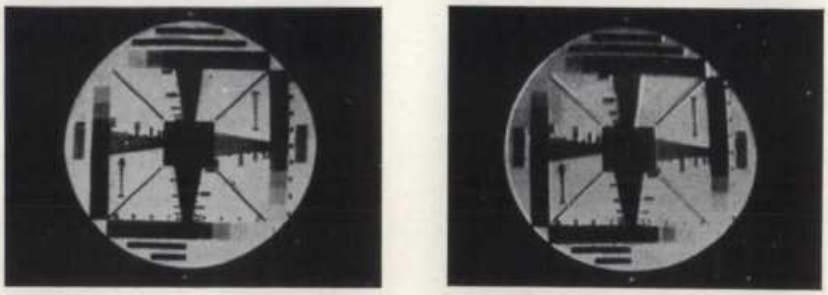




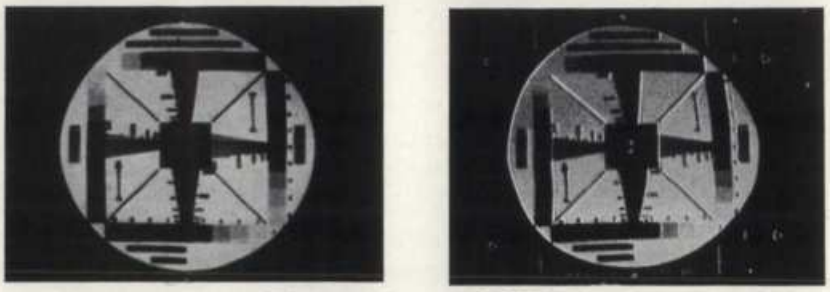
*a* Fig. 27. $\Delta f = -0{,}25$ MHz. *b*



*a* Fig. 28. $\Delta f = -0{,}50$ MHz. *b*



*a* Fig. 29. $\Delta f = -1{,}25$ MHz. *b*



*a* Fig. 30. $\Delta f = -2{,}25$ MHz. *b*

(Deze foto's zijn genomen bij gebruik van een tweezijbandzender. Met een eenzijbandzender zou het beeld bij positieve verstemming precies hetzelfde zijn, maar bij negatieve verstemming (dus naar het midden van de doorgelaten band toe) zou het anders zijn dan hier afgebeeld, o.a. doordat de hogere beeldfrequenties dan met een factor 2 verzwakt zouden zijn; dit geldt uiteraard voor beide ontvangers.)

en, zoals we zagen, bij deze ontvanger juist van de goede grootte om in- of doorschot aan de „witte" kant te compenseren. Dat bij kleine modulatiediepte het in- en het doorschot aan beide zijden tot een sterkte van ca. 5% blijven bestaan, is niet van belang, omdat 5% van de (dan kleinere) helderheidssprong niet meer opvalt.

*Invloed van verstemming*

Behalve de optimale beeldkwaliteit, heeft de fazelineaire ontvanger nog een zeer gunstige eigenschap, die in conventionele ontvangers in veel mindere mate aanwezig is. Verstemt men namelijk de ontvanger, dan blijkt dit in eerste benadering op het beeld van de fazelineaire ontvanger nagenoeg zonder invloed te zijn. Bij een ontvanger echter van het type zoals in fig. 18, 19 en 20 als vergelijkingsobject is gebruikt, is de beeldkwaliteit zeer sterk van de afstemming afhankelijk. Dit laatste is direct duidelijk indien men bedenkt dat hier bij juiste afstemming een redelijk beeld wordt verkregen dank zij fazecompensatie in het videogedeelte; gaat men verstemmen, dan zullen MF-fazefouten, bij de dan gewijzigde waarde van de draaggolffrequentie, aanleiding geven tot geheel andere fazefouten in de modulatie (vgl. fig. 18*b*) en wordt dus de compensatie van de fazefouten geheel verstoord. Een en ander is te zien in de *figuren 23-30*; dit zijn foto's van het beeldscherm van beide ontvangers bij constante afstemming van de ontvangers, maar variërende zenderfrequentie; de linkerfiguren gelden voor de fazelineaire, de rechterfiguren voor de gewone ontvanger.

*Fazelineaire ontvangst in vergelijking met ontvangst met fazecompensatie*

Aan het slot van dit artikel willen wij de pro's en contra's van de twee praktisch mogelijke oplossingen van het fazeprobleem nog eens tegenover elkaar stellen. Wij laten hierbij fazecompensatie in het videogedeelte van de ontvanger buiten beschouwing, omdat de op blz. 44 beschreven ruwe fazecompensatie niet tot optimale beeldkwaliteit kan leiden, terwijl een ideale fazecompensatie zonder nadelige invloed op de amplitudekarakteristiek om economische redenen voor gewone televisieontvangers niet in aanmerking komt. Wij be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



perken ons dus tot het vergelijken van fazecompensatie in het videogedeelte van de zender met het gebruik van fazelineaire ontvangers.

Een eerste belangrijke vraag is, of een inherent fazelineaire ontvanger in de fabricage duurder is dan een soortgelijke ontvanger van het conventionele type. Dit blijkt *niet* het geval te zijn. De beschreven fazelineaire ontvanger heeft in het MF-deel evenveel trappen en evenveel afgestemde kringen als de vergelijkingsontvanger, en de totale versterking in de MF-versterker is even groot. De afstemming van de MF-kringen zal bij de fazelineaire ontvanger minder kritisch zijn dan bij de gewone ontvanger, bij welke men een grote fout zoekt te compenseren door een opzettelijk aangebrachte tegengestelde fout, zodat daar relatief kleine afwijkingen grote absolute fouten kunnen betekenen.

Duidelijke verdere voordelen van de fazelineaire ontvanger ten opzichte van fazecompensatie in de zender zijn:

1) De beeldkwaliteit hangt slechts weinig af van variaties in de afstemming.
2) De beeldkwaliteit is optimaal, als gevolg van de geringe invloed van de eenzijbanddetectie.
3) In eenvoudige, voor plaatselijke ontvangst bedoelde, toestellen zonder blokkeerkringen behoeft men nu geen kunstmatige fazedistorsie in te voeren om de dan nutteloze predistorsie in de zender te compenseren.
4) Aan de uitsturing van de zender kunnen geringere eisen worden gesteld indien aldaar de fazepredistorsie kan vervallen; deze houdt namelijk in dat men „witter dan wit" moet kunnen uitzenden om de zwarte „veeg" in de ontvanger te compenseren, en vereist dus een grotere maximale modulatie van de zender. Deze grotere modulatiediepte van een zender met fazecompensatie veroorzaakt in de ontvangers bij de detectie, wegens de asymmetrische zijband, een grotere distorsie.
5) In het produktieproces van televisieontvangers wordt de beeldkwaliteit gewoonlijk gecontroleerd met behulp van een tweezijbandgenerator waarop een of ander proefsignaal is gemoduleerd. Worden de fazefouten van de ontvanger gecompenseerd in de zender, dan moet dus ook in de genoemde generator een overeenkomstige fazepredistorsie worden ingevoerd. Bij de fabricage van fazelineaire ontvangers daarentegen doet deze complicatie zich niet voor en kan men dus met een veel eenvoudiger generator volstaan.

Een nadeel van de hier besproken fazelineaire ontvanger is dat de onderdrukte frequentieband smal is (fig. 18*a*), zodat, indien men last heeft van storing door een naburige zender, vrij hoge eisen worden gesteld aan de stabiliteit van de oscillator: vermeden moet namelijk worden dat de frequentie van het storende signaal in de MF-versterker zou gaan afwijken van de frequentie waarop de blokkeer- of de zuigkring werkzaam is.

Verder onderzoek is er dan ook op gericht, de „blokkeringsbreedte" te vergroten; voorlopig kan worden medegedeeld dat het al gelukt is de blokkeringsbreedte op te voeren tot ca. 300 kHz bij 100-voudige verzwakking; deze breedte komt overeen met acceptabele toleranties voor de stabiliteit van de oscillator. De schakeling die voor deze grotere blokkeringsbreedte nodig is, is niet gecompliceerd en vergt geen hogere productiekosten.

Een ander bezwaar dat tegen de hier besproken fazelineaire ontvanger te berde gebracht zou kunnen worden, betreft het dalen van de amplitudekarakteristiek bij hogere modulatiefrequenties. Zoals werd betoogd, moet men hier een compromis zoeken tussen een grotere flanksteilheid van de sprongkarakteristiek en een grotere doorschietfactor. Wij zijn geporteerd voor het dalen van de amplitudekarakteristiek met een factor 2 aan de rand van de doorgelaten band; er zijn echter ook ontwerpers die de amplitudekarakteristiek vlak wensen tot aan de grensfrequentie en dan de bijbehorende grotere doorschietfactor (9%) accepteren ten einde de flank wat steiler te doen zijn. Het is zeer goed mogelijk dit te realiseren; dan zal natuurlijk de groeplooptijdkromme bij de hoge modulatiefrequenties eerder en sterker oplopen. Wij hebben echter al besproken dat dit op de fazelooptijd van de modulatie weinig invloed heeft. De in fig. 8*b* weergegeven looptijdkromme is gemeten aan een MF-versterker die tot onder 34,4 MHz een vlakke amplitudekarakteristiek heeft; de videofrequentie-amplitudekarakteristiek loopt dus tot 4,5 MHz vlak. Zoals men in fig. 8*b* ziet, hebben de zeer grote groeplooptijdafwijkingen maar zeer weinig invloed op de fazelooptijd. Een dergelijke amplitudekarakteristiek is dus zeer wel realiseerbaar. De fazemoeilijkheden schuilen in hoofdzaak in de buurt van de draaggolffrequentie.

In het algemeen verdient het vermijden van fouten de voorkeur boven het compenseren van fouten door het opzettelijk aanbrengen van tegengestelde fouten — natuurlijk tenzij met dit compenseren zeer bepaalde voordelen gepaard zouden gaan. In het onderhavige geval zijn ons generlei voordelen bekend, wèl echter nadelen (zie boven). Wij menen daarom dat de beste technische oplossing deze is: de zender dient een signaal uit te zenden dat zo

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



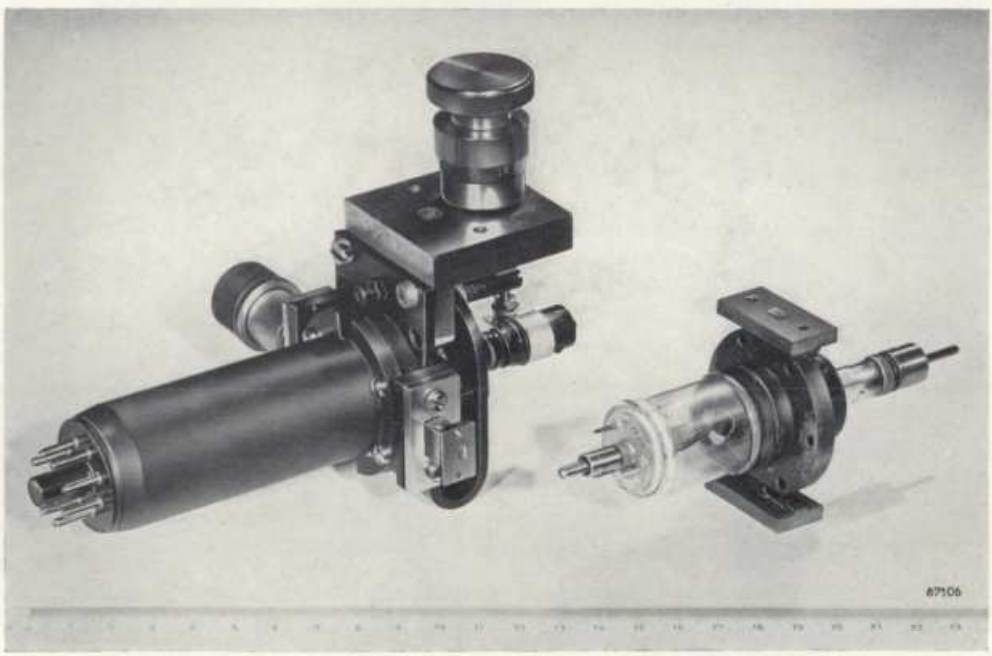
min mogelijk amplitude- en fazedistorsie bevat, en de ontvangers dienen eveneens zo te zijn ingericht dat de door hen geïntroduceerde amplitude- en fazedistorsie minimaal zijn. Dit standpunt komt ons niet alleen voor als het meest logische, maar het is bovendien zeer wel realiseerbaar en heeft voor de toekomst de goede consequentie dat men zich niet vastlegt op de stand van de huidige (gangbare) techniek. Een bijkomstig voordeel is nog dat uitbreiding van de Gerber-norm met een internationaal overeen te komen fazecompensatie achterwege kan blijven. In de huidige formulering van de Gerber-norm wordt niet over faze-eigenschappen gesproken; men kan dit voor de toekomst aldus interpreteren dat zowel zender als ontvanger ieder afzonderlijk fazelineair moet zijn.

**Sammenvatting.** Het toenemend aantal televisiezenders heeft het nodig gemaakt de selectiviteit van de televisieontvangers (in het bijzonder die der middenfrequentieversterkers) te vergroten. Dit is gepaard gegaan met het introduceren van aanzienlijke afwijkingen van het lineaire verband tussen faze en frequentie, dat voor een goede beeldkwaliteit noodzakelijk is. Tot dusverre heeft men de oplossing van dit gebrek gezocht in compensatie van de fazefouten, hetzij door maatregelen in het videogedeelte van de ontvanger (waar zij òf een verre van optimaal resultaat geven, òf wegens hun kostbaarheid alleen voor professionele apparatuur in aanmerking komen), hetzij door maatregelen in het videogedeelte van de zender. In dit laatste geval kan het effect slechts beperkt zijn, daar de ontvangers sterk in faze-eigenschappen uiteenlopen.

Boven dit compenseren van fouten door het opzettelijk invoeren van tegengestelde fouten, geeft de schrijver de voorkeur aan een systeem dat bij voorbaat de eerstgenoemde fouten zo goed mogelijk voorkomt. Zijn doel was dus een middenfrequentieversterker te ontwerpen die niet alleen in de doorgelaten frequentieband een optimale amplitudekarakteristiek heeft en buiten die band voldoet aan de selectiviteitseisen, maar die bovendien in de doorgelaten band zo goed mogelijk fazelineair is — een en ander zonder verhoging van fabricagekosten. De schrijver is daarin — gebruik makend van de theorie van Bode — geslaagd met een vijftrapsversterker, waarvan de selectiviteitskarakteristiek aan de grenzen van het doorgelaten gebied tot op 50% van de maximale versterking is gedaald; vier zuigkringen leveren de nodige selectiviteit bij de frequenties waar storing kan optreden. Aldus is voor de gegeven bandbreedte de optimale beeldkwaliteit verkregen. Een bijkomstige gunstige eigenschap van de fazelineaire ontvanger is dat de beeldkwaliteit veel minder gevoelig voor verstemming is dan bij gewone ontvangers; foto's van het beeld demonstreren dit.

# EEN REFLECTIEKLYSTRON VOOR 4 mm Ggolflengte

621.373.423.029.65




Na de centimetergolven, die in de laatste 20 jaren gemeengoed geworden zijn in allerlei toepassingen, vooral in de radartechniek, verheugt zich thans het gebied der millimetergolven in een toenemende belangstelling. Ten dele ontspringt deze belangstelling uit de wens het „scheidend vermogen" van radarinstallaties (met korte dracht) te verbeteren, ten dele ook is men erop uit, dit gebied te exploreren met het oog op eventuele nieuwe toepassingsmogelijkheden.

De kortste golven waarmee men reeds praktisch werkt, hebben een golflengte van 8 mm. Deze grens wordt grotendeels bepaald door de ter beschikking

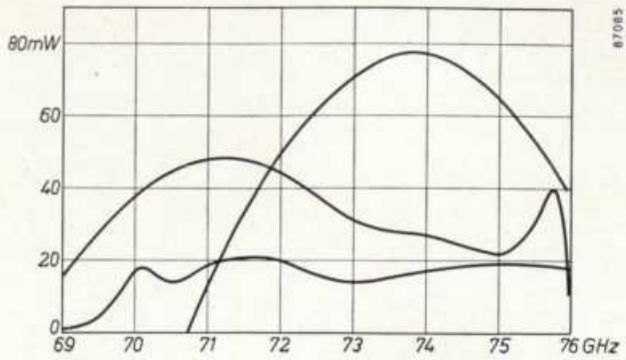
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



staande generatorbuizen. Een niet onaanzienlijke stap vooruit bij de allerwege in gang zijnde pogingen het gebied der millimetergolven voor praktische toepassing te ontsluiten, is thans te Eindhoven gedaan, waar in het Natuurkundig Laboratorium een reflectieklystron is ontwikkeld voor 4 mm-golven, met een continu vermogen van enige tientallen mW. Op de foto ziet men rechts een buis zoals deze van de pomp komt, links een buis die reeds is voorzien van afsteminrichting, aanpaszuiger, uitkoppelstuk en voet.

De moeilijkheden bij de constructie van buizen voor deze extreem korte golven liggen hoofdzakelijk in de uiterst kleine afmetingen die men aan alle onderdelen moet geven. Zo bedraagt b.v. de afstand van de reflector tot de trilholte in de 4 mm-buis niet meer dan 0,2 mm, terwijl hiertussen een spanning van 2,5-3 kV moet worden aangelegd. De vereiste stroomdichtheid van de katode, die een emitterend oppervlak van slechts ca. 1 mm diameter heeft, is ongeveer 2 A/cm². De realisering van de buis, met een goede levensduur, is dan ook alleen mogelijk geweest door toepassing van de L-katode. Een nadere beschrijving van de constructie zal binnenkort in dit tijdschrift worden gegeven.




In de grafiek is het uitgangsvermogen als functie van de frequentie voor een drietal exemplaren van de buis uitgezet. De spreiding in de resultaten is weliswaar nog vrij groot, maar de bereikte vermogens, bij bandbreedten van 7-10%, zijn voor verschillende toepassingen al ruim voldoende.

B. B. van IPEREN

---

# AMPLITUDEMODULATIE VAN CENTIMETERGOLVEN MET BEHULP VAN FERROXCUBE

door H. G. BELJERS. 621.376.2:621.396.029.64:621.318.134

*Het ferroxcube waar dit artikel over handelt, wordt vooral gebruikt als magnetisch kernmateriaal voor frequenties tot ongeveer 100 MHz. Bij hogere frequenties treden verschijnselen op die deze toepassing beletten, maar die tot een andere interessante toepassing hebben geleid. Dit is één van de in de techniek nogal eens voorkomende gevallen waarin blijkt dat een bepaalde vinding of een bepaald produkt kan worden toegepast in een ander gebied dan waarvoor het onderzoek oorspronkelijk werd begonnen.*

Radiogolven met een golflengte kleiner dan omstreeks 30 cm hebben in het laatste decennium op zeer verschillende terreinen van de wetenschap grote betekenis verkregen als experimenteel hulpmiddel. Wij noemen slechts het spectroscopisch onderzoek van allerlei stoffen bij deze golflengten, de gyromagnetische resonantieverschijnselen en de radio-astronomie. De belangrijkste technische toepassingen zijn radar en telecommunicatie met gerichte bundels. Wanneer men hierbij afstanden van 10 km of meer wil overbruggen, zal men de golflengte niet kleiner dan 3 cm kiezen, omdat de absorptie in de atmosfeer bij nog kleinere golflengten sterk oploopt.

Bij telecommunicatie geschiedt het overbrengen van informatie door het moduleren van deze golven, waarbij men in principe hetzij frequentie- hetzij amplitudemodulatie kan toepassen. Amplitudemodulatie die ontstaat door het variëren van de spanning op een of andere elektrode van de zendbuis, gaat in het algemeen met een storende frequentiemodulatie gepaard. Men zal dan ook amplitudemodulatie liever op andere wijze, b.v. door absorptie, teweegbrengen. Hierbij wordt in het uitgangscircuit, dus onafhankelijk van de zendbuis, een variabel deel van het hoogfrequentievermogen geabsorbeerd.

Bij het bestuderen van de magnetische eigen-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



schappen van ferrieten is gebleken dat deze stoffen in een hoogfrequent magneetveld verliezen vertonen, die afhankelijk zijn van de frequentie en van de aard van het ferriet en die bovendien te beïnvloeden zijn door een toegevoegd constant magneetveld [1]). Dit onderzoek, dat zich oorspronkelijk tot frequenties van enkele honderden MHz uitstrekte, is nadien tot veel hogere frequenties uitgebreid. Hierbij is gebleken dat de magnetische verliezen tot omstreeks 10 000 MHz blijven voorkomen. Uit waarnemingen van W. J. van de Lindt in het Philipslaboratorium te Eindhoven volgde, dat bij een aantal ferrieten zwakke toegevoegde magneetvelden grote variaties in deze verliezen kunnen teweegbrengen; door „laagfrequent" variëren van het toegevoegde veld zou men dus in principe een absorptiemodulatie kunnen verwezenlijken [2]).

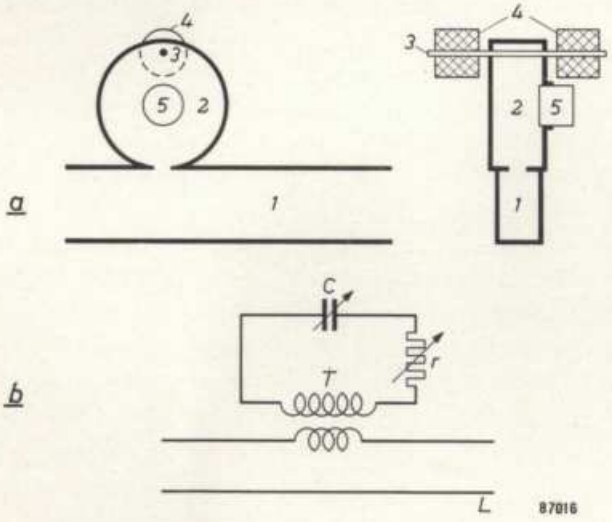



Fig. 1. Opstelling voor „absorptiemodulatie". *a*) Het ferrietstaafje *3*, dat in de, met de schroefdop *5* afstembare, trilholte *2* is aangebracht, kan door de spoeltjes *4* worden gemagnetiseerd, waardoor de verliezen in deze trilholte variëren. Door de koppeling met de golfpijp *1* varieert het in die golfpijp doorgelaten vermogen.
*b*) Vervangschema van deze opstelling. De trilholte, die als seriekring in een lijn *L* is voorgesteld, wordt afgestemd door de variabele capaciteit *C*. De grootte van het koppelgat bepaalt de transformatieverhouding van de transformator *T*. De variabele verliezen worden door de variabele weerstand *r* voorgesteld. Bij variatie van *r* verandert de kwaliteit van de kring, dus de impedantie in de lijn *L* en daarmee de mate van reflectie hierin.

Voor het verwezenlijken van zulk een modulatie kan men volgens *fig. 1a* een ferroxcubestaafje in een cilindrische trilholte aanbrengen, op een plaats waar het magnetische wisselveld sterk is. Om het staafje worden spoeltjes aangebracht, waarmee een modulerend magneetveld in de lengterichting kan worden opgewekt. De trilholte is gekoppeld met een golfpijp, waardoor de te moduleren hoogfrequentie-energie stroomt. Is de trilholte afgestemd op de door de pijp gestuurde golf (hetgeen met de inschroefbare dop *5* bewerkstelligd kan worden), dan wordt hier ter plaatse de energie ten dele gereflecteerd, en wel des te meer naarmate de kwaliteit van de trilholte hoger is. Door het vervangschema, fig. 1*b*, wordt dit nog verduidelijkt. In de opstelling kan de kwaliteit van de trilholte worden gevarieerd door veranderen van de stroom door de spoeltjes, aangezien het variërende magneetveld variaties veroorzaakt in de verliezen van het ferroxcube. Aldus wordt de mate van reflectie gevarieerd en daarmee de amplitude van de doorgaande golf in de golfpijp gemoduleerd. Hoewel de amplitudemodulatie in dit geval niet aan directe absorptie van het uit te zenden hoogfrequentievermogen toe te schrijven is, maar aan een, door absorptie van een fractie van het vermogen bestuurde, reflectie, zullen we hier verder toch van absorptiemodulatie blijven spreken.

Bij een golflengte van 3,2 cm (9300 MHz) konden we op deze wijze ferroxcube IVA en ferroxcube IVB met succes toepassen. In het volgende zal blijken dat de verzadigingsmagnetisatie van het ferroxcube de hoogste draaggolffrequentie bepaalt waarbij absorptiemodulatie mogelijk is. Er zijn tot dusverre geen ferroxcubesoorten gevonden met voldoend hoge verzadiging om te kunnen moduleren bij draaggolffrequenties hoger dan ongeveer 12 000 MHz.

In de genoemde experimentele opstelling voor 9300 MHz kon tot een modulatiefrequentie van 1,3 MHz een behoorlijke modulatie verkregen worden. Bij nog hogere modulatiefrequenties wordt het moeilijk het gewenste „laagfrequente" veld in het ferroxcube op te wekken, doordat de capaciteit tussen de windingen van de spoeltjes belangrijk wordt, hetgeen tot een veldverzwakking aanleiding geeft.

Hoewel dus deze modulatiemethode voor bandbreedten groter dan enkele MHz niet in aanmerking komt, biedt zij toch interessante mogelijkheden tot toepassing van ferroxcube bij zeer hoge frequenties [3]).

In hetgeen volgt zullen de optredende verschijnselen nader worden besproken.

---

[1]) H. G. Beljers en J. L. Snoek, Gyromagnetische verschijnselen bij ferrieten, Philips techn. T. **11**, 317-325, 1949.

[2]) H. G. Beljers, W. J. van de Lindt en J. J. Went, A new point of view on magnetic losses in anisotropic bars of ferrite at ultra high frequencies, J. appl. Phys. **22**, 1506, 1951.

[3]) Een voorbeeld hiervan is onlangs in dit tijdschrift beschreven: J. Cayzac, Automatische frequentiestabilisatie voor een straalzender op centimetergolven, Philips techn. T. **17**, 392-398, 1955 (no. 12).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



**Magnetische verliezen in ferrieten**

De magnetische verliezen van ferrieten in een hoogfrequent veld vatten wij op als een gevolg van gyromagnetische resonantieverschijnselen.

Stel dat we een lichaam hebben met een bepaald, spontaan, magnetisch moment. Zulke lichamen bestaan inderdaad, nl. als zogenaamde gebiedjes van Weiss in een ferromagnetisch materiaal (gebiedjes met afmetingen van 0,1 tot 10 $\mu$), waarin alle elektronenspins min of meer gelijk gericht zijn. Indien we het lichaam in een constant magneetveld $H$ brengen dat een zekere hoek maakt met het magnetische moment, dan zal, zoals in [1]) is uiteengezet, de vector van het magnetische moment om de richting van het magneetveld een precessie uitvoeren met een hoekfrequentie $\omega_p$, waarbij

$$\omega_p = \gamma H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$\gamma = 2{,}2 \cdot 10^5$ m/Asec wordt de gyromagnetische verhouding genoemd. Deze betrekking geldt indien het precederende magnetische moment zelf geen invloed heeft op het effectieve veld $H$ (d.w.z. als er geen ontmagnetisatie optreedt). Dit is het geval bij een bolvormig lichaam. Wanneer we nu loodrecht op $H$ een klein, hoogfrequent, magnetisch wisselveld aanbrengen, wordt de precessiehoek vergroot, maar hiertoe moet energie uit het hoogfrequente veld aan het spinsysteem worden toegevoerd: het magnetische moment is als het ware met een zekere stijfheid aan de richting van het magneetveld $H$ gebonden. Heeft het wisselveld de hoekfrequentie $\omega_p$ van de precessie, dan treedt resonantie op en de magnetische vector zou steeds verder uit de genoemde richting, die met de kleinste energie overeenkomt, worden gedreven. De precessie-energie die bij het aanbrengen van een wisselveld wordt opgenomen, wordt echter door de wisselwerking met het kristalrooster gedeeltelijk hieraan overgedragen. Hierbij neemt de temperatuur van het materiaal toe: een deel van het hoogfrequentievermogen wordt omgezet in warmte, in het hoogfrequente veld treden verliezen op.

Een nader onderzoek leert dat bij een ferromagnetisch materiaal ook zonder een toegevoegd constant veld resonantieverliezen optreden. De magnetisatie in elk gebiedje van Weiss heeft nl. een voorkeur voor een bepaalde richting, waarin de kristalenergie minimaal is. Ook de binding van de magnetisatie aan deze evenwichtsstand heeft een zekere stijfheid, waardoor zij een precessie kan uitvoeren met een hoeksnelheid die met de sterkte van deze binding evenredig is. We noemen deze precessiefrequentie $\omega_p^{(A)}$ en we kunnen dan een equivalent veld $H_A$ invoeren dat voor kleine uitwijkingen tot dezelfde stijfheid aanleiding zou geven, en dat gedefinieerd wordt door:

$$\omega_p^{(A)} = \gamma H_A \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Wanneer we nu een wisselend uitwendig magneetveld aanbrengen met dezelfde (of ongeveer dezelfde) hoekfrequentie, zal de component van dat veld die loodrecht op het equivalente veld $H_A$ staat, resonantie kunnen veroorzaken, juist als in het geval dat een constant uitwendig magneetveld $H$ aanwezig is. Ook nu wordt er voortdurend energie uit het hoogfrequente veld aan het spinsysteem toegevoerd, die tot warmteontwikkeling aanleiding geeft.

Naarmate deze door de kristalstructuur optredende krachten, de zogenaamde anisotropiekrachten, groter zijn, zal het moeilijker zijn de spins in een uitwendig magneetveld te richten, en men vindt dan ook dat deze krachten ongeveer omgekeerd evenredig zijn met de statische susceptibiliteit. Bij grotere anisotropiekrachten heeft men een hogere precessiefrequentie, d.w.z. de verliezen worden pas bij hogere frequenties merkbaar. De kristalanisotropie veroorzaakt in ferrieten verliezen bij frequenties tussen 2 en 200 MHz, zoals reeds in [1]) beschreven is, en de experimenten bevestigen dat de verliezen bij hogere frequenties beginnen op te treden naarmate de statische susceptibiliteit van het materiaal kleiner is [4]).

We vinden echter experimenteel ook boven 200 MHz nog verliezen in ferrieten, en wel tot omstreeks 10 000 MHz. Dit kan men als volgt begrijpen. In ieder gebiedje van Weiss heerst de verzadigingsmagnetisatie $M$. Bij afwezigheid van een uitwendig magnetisch veld hebben deze magnetisaties van gebied tot gebied een verschillende richting, zodat het materiaal als geheel geen magnetisch moment heeft. Doordat de gebiedjes van Weiss — die ieder afzonderlijk dus geheel zijn gemagnetiseerd — zeer verschillend van vorm zijn, zullen er ontmagnetiserende werkingen optreden die van gebied tot gebied in sterkte verschillen, waardoor de stijfheid van het magnetisch moment — en dus de gyromagnetische resonantiefrequentie — plaatselijk aanzienlijk kan worden vergroot (vormanisotropie).

We nemen als voorbeeld een gemagnetiseerde ellipsoïde. De ontmagnetiserende werking is hierbij zo klein mogelijk indien het magnetische moment $M$ volgens de langste as is gericht (toestand van kleinste energie). Deze as nemen we als $z$-as. Het magnetisch moment is aan deze stand ten opzichte van de ellipsoïde met een bepaalde stijfheid gebon-

[4]) Zie J. L. Snoek, Physica **14**, 207-217, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



den en er zal dus weer een precessie met een bepaalde frequentie $\omega_p'$ kunnen optreden. De grootte van $\omega_p'$ hangt nu verder van de vorm van de ellipsoïde af en men kan aantonen dat de volgende betrekking geldt:

$$\omega_p' = \gamma \sqrt{[H_A + (N_x - N_z)M][H_A + (N_y - N_z)M]}. \quad (3)$$

Hierin is $H_A$ het equivalente kristalanisotropieveld (dat eveneens in de $z$-richting is aangenomen), $-N_xM$ is het ontmagnetiserende veld dat in de ellipsoïde ontstaat als de magnetisatie in de $x$-richting is, enz. Algemeen geldt, dat

$$N_x + N_y + N_z = 1.$$

Voor een bol is $N_x = N_y = N_z = \frac{1}{3}$; we zien dat hier $\omega_p' = \gamma H_A$; er is dan geen voorkeursrichting en de precessiefrequentie is dezelfde als in een veld $H_A$. Bij een ellipsoïde is $\omega_p'$ in het algemeen hoger. De hoogste frequentie vinden we bij een in de $z$-richting zeer langgerekte omwentelingsellipsoïde (naald). Hierbij is $N_x = N_y = \frac{1}{2}$ en $N_z = 0$, zodat hier

$$\omega_p' = \gamma (H_A + \tfrac{1}{2}M). \quad (4)$$

Ieder gebiedje van Weiss in een ferriet zal een resonantiekromme vertonen en dienovereenkomstige energie-absorptie rondom een frequentie $\omega_p'$, die met de vorm van het gebied samenhangt en bij benadering kan worden afgeleid uit verg. (3), die voor de geïdealiseerde vormen geldt. Door de verliezen van alle gebiedjes bij één frequentie te sommeren, krijgt men de verliezen van het materiaal als geheel bij die frequentie. Doordat de naaldvormige gebiedjes waarschijnlijk minder talrijk zijn, zullen de verliezen met de frequentie afnemen, maar niettemin tot de frequentie, gegeven door (4), blijven bestaan. Dat deze frequentie veel hoger is dan de resonantiefrequentie die aan $H_A$ beantwoordt, blijkt uit het feit dat $M$ van de orde van $32 \cdot 10^4$ A/m (4000 oersted) is, terwijl het equivalente veld $H_A$ hoogstens $1{,}6 \cdot 10^4$ A/m (200 oersted) bedraagt. Bovendien blijkt uit een nadere analyse dat ook (4) nog niet de hoogst mogelijke frequentie geeft, maar dat de precederende magnetisaties van dunne plaatvormige gebiedjes van Weiss, voorkomende in bepaalde pakketjes met telkens tegengestelde magnetisatie, elkaar beïnvloeden [5]), waardoor de maximale frequentie $\omega_{p\,max}$, waarbij verliezen kunnen optreden, wordt verhoogd tot

$$\omega_{p\,max} = \gamma(H_A + M). \quad (5)$$

Deze frequentie is vrijwel twee maal zo hoog als die volgens (4) en is voor de verschillende soorten ferroxcube gelijk aan 4000 tot 12 000 MHz.

We moeten ons nu nog afvragen, wat de invloed van een toegevoegd constant magneetveld $H$ is. We hebben al gezien, dat bij een bol de resonantiefrequentie $\gamma H$ optreedt. Wat gebeurt er echter bij een dun staafje, zoals we in de beschreven opstelling voor absorptiemodulatie gebruiken? Als we hier een constant veld $H$ evenwijdig aan de as van het staafje aanbrengen, zal een kleine waarde van dit veld, b.v. 4000 A/m (50 oersted), reeds voldoende zijn om het ferriet in zijn geheel te verzadigen, zodat overal de magnetisatie $M$ langs de as is gericht. Als we even afzien van het kristalanisotropieveld $H_A$, dat plaatselijk in grootte en richting varieert, gedraagt het gehele staafje zich nu als één groot, naaldvormig, gebied van Weiss, met volgens verg. (4) een resonantie in de buurt van de frequentie

$$\omega_p^{(H)} = \gamma \cdot \tfrac{1}{2}M \quad (6)$$

(Het kristalanisotropieveld $H_A$ en in het algemeen ook het toegevoegde magneetveld $H$ zijn klein ten opzichte van $\frac{1}{2}M$.) De energie-absorptie van alle delen van het staafje is nu in dit frequentiegebied geconcentreerd, zodat de verliezen hier veel hoger zijn dan in het geval zonder toegevoegd magneetveld.

**Toetsing van de theorie; de modulatiemogelijkheden**

De magnetische eigenschappen van ferrieten worden gewoonlijk bepaald door het meten van de complexe relatieve permeabiliteit:

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} = \mu' - j\mu'',$$

waarbij de grootheid $\mu''$ een maat voor de verliezen is.

In *fig. 2* zijn twee curven $p$ en $q$ getekend, die verkregen zijn door metingen van $\mu''$ van ferroxcube IV in het frequentiegebied van 0,2 tot 24 000 MHz. Bij de curve $p$ is het uitwendige constante magneetveld nul; de verliezen beginnen hier bij omstreeks 0,5 MHz en zijn bij 300 MHz weer betrekkelijk klein geworden, maar ze blijven niettemin bestaan tot frequenties van omstreeks 9300 MHz. Bij de curve $q$ is het uitwendige veld 4000 A/m, zodat het gemeten staafje geheel is gemagnetiseerd. Deze metingen bevestigen de theorie, althans kwalitatief. De resonantiefrequentie bij volledige magnetisatie ($\omega_p^{(H)}$) bedraagt voor dit ferriet blijkbaar ongeveer 5000 MHz. In ongemagnetiseerde toestand worden de verliezen zeer gering bij frequenties hoger dan omstreeks 10 000 MHz.

[5]) D. Polder en J. Smit, Resonance phenomena in ferrites, Rev. mod. Phys. **25**, 89-90, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Uitgaande van deze verlieskrommen is gemakkelijk te begrijpen hoe men door variatie van een toegevoegd magneetveld absorptiemodulatie kan verkrijgen. In elke periode van het modulerende

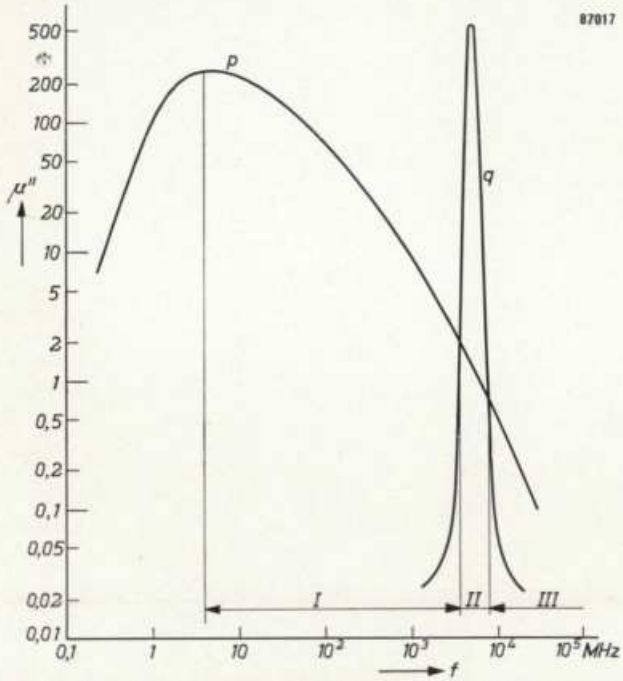



Fig. 2. De verliezen van een hoogfrequent veld in ferroxcube IV A, uitgedrukt door het imaginaire deel $\mu''$ van de relatieve permeabiliteit, als functie van de frequentie: $p$ zonder magneetveld, $q$ met verzadigend magneetveld.

magneetveld varieert de verliescurve van de vorm $p$ naar de vorm $q$ (of een tussengelegen vorm) en terug, zodat bij een vaste draaggolffrequentie het geabsorbeerde vermogen periodiek varieert.

Om dit nog nader te bezien, verdelen we de frequentieschaal in de gebieden $I$, $II$, en $III$, met als grenzen de abscissen van de snijpunten van $p$ en $q$. Het frequentiegebied $I$ bevat de frequenties van ongeveer 100 MHz (voor lagere draaggolffrequenties is de hier beschouwde modulatiemethode niet interessant) tot omstreeks 3000 MHz. Absorptiemodulatie met ferrieten zal in de praktijk in dit gebied nauwelijks in aanmerking komen. Het is hier nl. zo, dat de resonantiefrequentie (top van de verliescurve) reeds bij gedeeltelijke verzadiging door het toegevoegde magneetveld gelijk wordt aan de draaggolffrequentie. De verliezen zouden dan bij toenemend magneetveld eerst toenemen en vervolgens afnemen, wat tot een ongewenste modulatiekarakteristiek aanleiding zou geven.

Ook voor het gebied $II$ is de absorptiemodulatie minder geschikt, omdat de verliezen voor geen enkele waarde van het magneetveld — zolang deze klein blijft ten opzichte van $M$ — tot een lage waarde dalen. Het meest geschikt is de absorptiemodulatie voor het gebied $III$, dus het gebied van de hoogste frequenties. De verliezen nemen hier met toenemend magneetveld monotoon af en dalen tot een kleine waarde bij een verzadigend veld.

We moeten hierbij nog bedenken dat $M$ (en dus $\omega_p^{(III)}$) van de temperatuur afhangt. Indien we wensen dat de apparatuur in een breed temperatuurgebied ongeveer dezelfde modulatiekarakteristiek houdt (in gebied $III$), moeten we derhalve voldoende ver van de resonantiepiek verwijderd blijven. Doordat vele soorten ferroxcube met verschillende verzadigingsmagnetisatie bestaan, is het evenwel mogelijk bij iedere draaggolffrequentie tussen 2000 en 12 000 MHz het juiste ferroxcube voor deze modulatiemethode te vinden. In *fig. 3* zijn de verliezen voor een staafje Mn-Mg-ferriet bij 9300 MHz als functie van $H$ uitgezet; dit is dus de modulatiekarakteristiek voor die draaggolffrequentie.

Op een bijzonderheid moge hier nog worden gewezen. Het is bekend dat in het geval van magnetische resonantie de susceptibiliteit bij frequenties boven de resonantiefrequentie negatief is (de magnetisatie is dan in tegenfaze met het uitwendige veld). Bij de superpositie van de resonanties van alle gebieden van Weiss zal derhalve de permeabiliteit $\mu'$ van het gehele ferrietstaafje bij zekere frequenties kleiner dan één

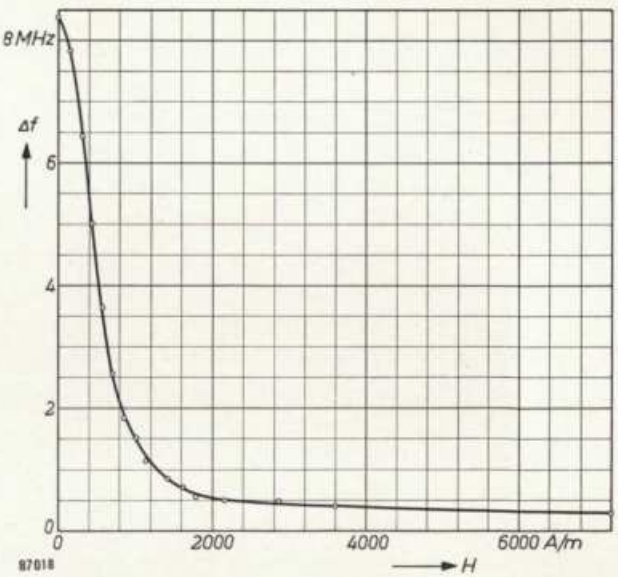



Fig. 3. De verliezen in een Mn-Mg ferriet als functie van het constante magneetveld $H$, bij 9300 MHz. Als ordinaat is hier genomen de halfwaardebreedte $\Delta f$ van de resonantiekromme van de trilholte waarin het ferriet is geplaatst. Deze $\Delta f$ is evenredig met de verliezen, dus ook met $\mu''$.

kunnen worden. Dit wordt inderdaad geconstateerd dicht bij de bovenste grens van het verliesgebied, zoals in *fig. 4* is te zien. Hierin is het reële deel $\mu'$ van de permeabiliteit voor ferroxcube IVA als functie van de frequentie in een breed frequentiegebied uitgezet. We zien dat $\mu'$ sterk afneemt wanneer er verliezen gaan optreden (vgl. curve $p$ in fig. 2), en voordat $\mu'$ bij zeer hoge frequenties tot één nadert, is er een gebied waar $\mu'<1$. (Om in elk gebied een duidelijke figuur te krijgen, is de schaal van de ordinaat tussen 0 en 1 lineair, en voor waarden $>1$ logaritmisch genomen.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



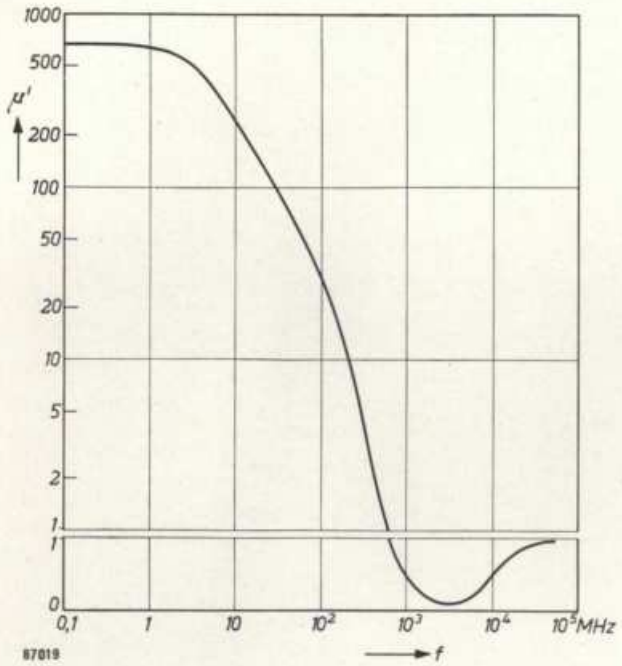



Fig. 4. Het reële deel $\mu'$ van de relatieve permeabiliteit van ferroxcube IV A als functie van de frequentie.

Ten slotte geven we een kwantitatieve experimentele bevestiging van formule (5), die het verband aangeeft tussen de maximale frequentie waarbij in ongemagnetiseerde toestand verliezen optreden en de magnetisatie $M$ van de gebiedjes van Weiss (verzadigingsmagnetisatie). Omdat het experimenteren met grote frequentievariaties in het gebied der centimetergolven bezwaarlijk is, kunnen we, in plaats van $\omega$ te variëren, bij een constante meetfrequentie de verzadigingsmagnetisatie $M$ veranderen. Deze hangt nl., zoals hierboven reeds werd vermeld, van de temperatuur af. Het verband is uit andere metingen bekend en wel blijkt met toenemende temperatuur de magnetisatie af te nemen. De verliezen bij 9300 MHz als functie van de temperatuur zijn voor ferroxcube IV B en IV C in *fig. 5* uitgezet. We zien dat de verliezen in ferroxcube IV B bij 120 °C klein worden en dat dit voor ferroxcube IV C bij 160 °C het geval is. Verder is bekend dat $M$ in deze beide gevallen ongeveer gelijk is aan $2{,}6 \cdot 10^5$ A/m (3300 oersted). We vinden zo experimenteel voor de maximale eigen frequentie $\omega_{max}$:

$$\omega_{max} \approx \gamma M,$$

in overeenstemming met (5).

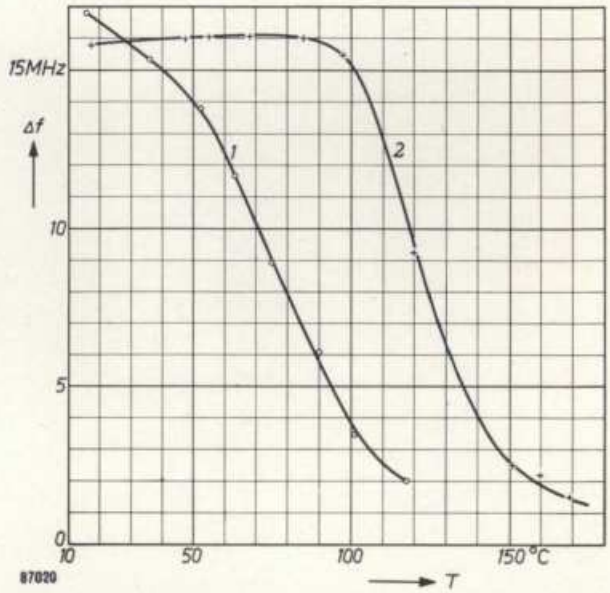



Fig. 5. De magnetische verliezen van ferroxcube IV B en IV C als functie van de temperatuur. Voor de grootheid $\Delta f$, zie fig. 3.

**Samenvatting.** Men kan een zender op centimetergolven moduleren door een bestuurde absorptie van het uitgezonden vermogen. Zulk een absorptie kan worden gerealiseerd door de gyromagnetische verliezen in ferrieten. Een hoogfrequent magnetisch wisselveld ondergaat in ongemagnetiseerde ferrieten verliezen die zich over een groot frequentiegebied, b.v. van 10 tot 10 000 MHz, uitstrekken. Wanneer echter het ferriet door een zwak, constant, uitwendig veld gemagnetiseerd wordt, worden de spinoriëntaties gelijk gericht en worden de verliezen geconcentreerd in een klein frequentiegebied in de buurt van een bepaalde hoge frequentie; hierbuiten zijn de verliezen klein. Laat men nu bij een gegeven draaggolffrequentie het uitwendige „constante" magneetveld in sterkte variëren, dan ontstaan variaties in de verliezen. Deze variaties kan men voor absorptiemodulatie gebruiken, waarbij modulatiefrequenties tot 1,3 MHz mogelijk zijn. Voor deze modulatie kan de draaggolffrequentie in principe worden gekozen tussen 2000 en 12 000 MHz, mits men een soort ferroxcube gebruikt met een geschikte waarde van de verzadigingsmagnetisatie. De aard van de verliezen wordt besproken; zij ontstaan door resonantieverschijnselen onder invloed van kristalanisotropievelden en inwendige magnetische velden, die door ontmagnetisatie verschillende waarden kunnen aannemen. De experimenteel gevonden maximale frequentie waarbij de verliezen optreden, kan ook theoretisch worden verklaard.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

# KERMIS DER WETENSCHAP

door G. REMEDI.

53:79

*De naoorlogse groei van Philips ging gepaard met een voortdurende toeneming van het personeel van het Natuurkundig Laboratorium: van 1946 tot 1956 steeg de bezetting van ca. 700 tot ca. 1300 personen. Om voor al deze mensen werkruimte te scheppen, werd het laboratorium herhaaldelijk uitgebreid. Het gereedkomen van de jongste grote uitbreiding, een nieuwe vleugel aan de gebouwen, werd gevierd met een groot feest, dat door zijn bijzondere fysische en technische aspecten een bespreking in dit tijdschrift verdient. De redactie laat hier een der leidende figuren bij de organisatie van dit feest, onder zijn voor deze gelegenheid gekozen schuilnaam, aan het woord.*

Wetenschappelijk onderzoek is wel eens vergeleken met een spel [1]). Ook de onderzoekers in een industrieel laboratorium erkennen dat hun dagelijkse bezigheden vaak het karakter hebben van een fascinerend spel, waarvan een der aantrekkelijkste aspecten is dat zij, naarmate het spel voortschrijdt, de spelregels volgens welke zij hun grote tegenspeler, de Natuur, te lijf gaan, en de spelattributen die zij daarbij nodig hebben, steeds zelf mogen vernieuwen en aanpassen aan de zich wijzigende situatie. Hoezeer dit spelelement leeft bij de medewerkers van ons Natuurkundig Laboratorium, bleek duidelijk bij het feest dat op 2 juli 1955 werd gevierd door het gehele laboratoriumpersoneel en vele oud-leden hiervan, met vrouwen en verloofden, naar aanleiding van de officiële opening van een nieuwe vleugel aan het gebouw (*fig. 1*) en het daarmee ongeveer samenvallende veertigjarige jubileum van het laboratorium.

Voor dit monsterfeest (er waren 2800 deelnemers!) werd een grote te Eindhoven beschikbare hal omgetoverd in een Brabants dorpsplein, waarop een „wetenschappelijke kermis" werd ingericht. De titelfoto, genomen tijdens de opbouw van de kermis, geeft hiervan een indruk. De feestvierenden vervulden de dubbele rol van kermisganger en kermisexploitant. De kermisattracties werden door de werkgroepen van het laboratorium zelf vervaardigd, waarbij iedereen zoveel mogelijk aanknoopte bij zijn dagelijks werk, gebruik makend van het instrumentarium dat daarvoor tot zijn beschikking stond. Bovendien werd op het kermisplein een centraal programma gegeven met o.a. wedstrijden, balletten en een opera, samengesteld uit bekende operamelodieën, maar met een nieuw toepasselijk libretto.

[1]) Zie b.v. J. G. van der Corput, Wegen der wetenschap, uitgangspunt, richting, doel; De Wiskunde, J. B. Wolters, Groningen 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Voor de balletten, en ook om de kermisgangers zelf gelegenheid te geven tot dansen, werd een „glazen" *dansvloer* vervaardigd volgens een aan de filmdecorbouw ontleend procédé. Op een vlakke ondergrond plakt men stevig papier, dat met kleurige motieven beschilderd wordt. Enkele lagen waterglas geven een ideaal oppervlak en een goede houdbaarheid (zie titelfoto). Deze houdbaarheid was overigens, in verband met de keuze van het papier e.d., eerst aan kleine modellen op het laboratorium onderzocht met een grondigheid, kenmerkend voor de ernst waarmee de technische kant van het feest werd aangevat. Voordelen van een dergelijke dansvloer zijn: het fraaie uiterlijk, dat de eentonigheid van het grote vloervlak in een feestruimte breekt en het kleur geeft, de grote flexibiliteit in de vormgeving, en de lage prijs. De levensduur is gemakkelijk aan te passen aan de duur en de intensiteit van het gebruik, terwijl bij slijtage de levensduur gemakkelijk te verlengen is door een nieuwe waterglaslaag aan te brengen.

Voor de *muzikale omlijsting* van het feest stond — naast een beroepsdansorkest, een draaiorgel en de eigen harmonie van het laboratorium — ook een geheel elektronisch orkest ter beschikking. De instrumenten van dit orkest, ontworpen en bespeeld door leden van de akoestische werkgroep, hadden alle hun eigen versterker en luidspreker. Zij waren zodanig gekozen dat zij samen het gehele hoorbare frequentiegebied bestreken en konden luid genoeg spelen om van de hoogste tot de laagste tonen overal in de grote zaal boven het kermisgedruis uit hoorbaar te zijn. De melodiesectie bestond uit vier eenstemmige instrumenten. De sopraan- en de tenorpartij werden gespeeld op twee multivibratoren; de toonhoogte werd bepaald door regelbare weerstanden. De altpartij kwam voor rekening van een toongenerator, bespeeld via de frequentieregelknop, en voor de baspartij werd een *RC*-oscillator voor lage frequenties gebruikt. Twee groot uitgevoerde condensatormicrofoons, waarvan de membranen (met diameters van resp. 15 en 20 cm) als trommelvellen met de vingers werden bespeeld, maakten deel uit van de ritmesectie. Deze sectie bevatte bovendien een gepulseerde ruisgenerator, die de normaal door de bekkens vervulde functie overnam, en een imitatie van een Turkse trom. In de voor deze trom ontworpen schakeling werd een condensator over een *LC*-kring ontladen; de hierachter geplaatste versterker was meegekoppeld om de demping te verminderen (*fig. 2*). Ten slotte stond nog een elektrisch klavichord ter beschikking. De snaren hiervan waren dicht langs een metalen plaat gespannen; elk der snaren vormde met deze plaat een condensator waarvan de capaciteit bij trilling van de snaar varieerde, zodat een elek-

Fig. 1. De nieuwe vleugel van het Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven die op 2 juli 1955 officieel in gebruik werd genomen en waarvan de voltooiing aanleiding was tot het organiseren van een wetenschappelijke kermis door en voor het laboratoriumpersoneel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



trisch signaal beschikbaar kwam. Net als op een normaal klavichord kon men op deze elektrische uitvoering meerstemmig spelen en ook het voor een klavichord typerende vibrato produceren. De geluidssterkte was, behalve door de aanslag, ook met een pedaal elektrisch regelbaar. Fascinerend voor het publiek bleek vooral de afwezigheid van iedere inspanning van de zijde der orkestleden bij het produceren van zoveel geluidssterkte en rijkdom aan klank.

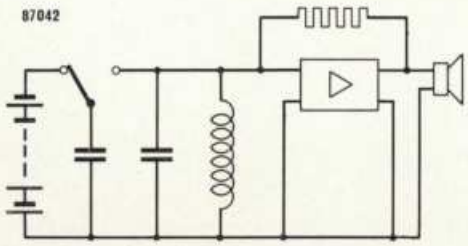



Fig. 2. Schakelschema van de elektronische Turkse trom.

In het centrale programma van wedstrijden werd het gehele publiek betrokken door iedereen te laten meeraden naar de uitslag van elke wedstrijd. Een goed geraden uitslag werd met een aantal punten gehonoreerd. Ook bij de individuele attracties, voor zover deze een wedstrijdelement bevatten, bestond de mogelijkheid punten te verdienen. Er waren prijzen beschikbaar gesteld, die werden toegekend naar gelang van het totale aantal punten door iedere deelnemer vergaard. Met de hulp van de statistische afdeling werd de puntentoekenning bij dit *totalisatorsysteem* zodanig vastgesteld dat er, vooral bij de hoogste puntenaantallen, slechts een geringe waarschijnlijkheid bestond dat twee of meer personen met hetzelfde aantal punten zouden eindigen.

Voor de centrale wedstrijden waren enkele originele spelattributen vervaardigd, zoals de „*Hariguars*", driewielige racewagens, voorzien van onafhankelijke voorwielhandaandrijving met verschillende overbrengingsverhouding voor linker- en rechterwiel, en een zwenkwiel achter. Reeds het rechtuitrijden hiermee vereist een grote behendigheid.

Bij het instuderen van de *opera* bleek een grote perfectie te kunnen worden bereikt door gebruik te maken van de middelen der moderne elektronische techniek. Wegens de vrij slechte akoestiek in de feestruimte was het, met het oog op de verstaanbaarheid, noodzakelijk de gesproken tekst en de aria's weer te geven via versterkers. Bij directe uitzending heeft dit het nadeel dat de spelers min of meer aan de microfoon gebonden zijn. Dit nadeel werd hier radicaal vermeden door de hele opera (exclusief de ouverture, die door het blaasorkest „in natura" werd gespeeld) op te nemen op de magnetische band en de spelers op de avond zelf (zonder microfoons) synchroon met de band te laten spelen en zingen. Een bijkomend voordeel bij een dergelijke uitvoeringswijze is de buitengewone rolvastheid der spelers.

De *kermiskramen* waren in twee typen ingedeeld: zogenaamde wedstrijdkramen, waarin men speelde tegen elkaar of tegen een of ander listig mechanisme, met een kans op prijzen (toegekend via het reeds genoemde puntensysteem), en kramen waar dit wedstrijdelement ontbrak.

De bediening van de kramen was in handen van de leden van de betrokken groep en hun introducées, waarbij iedere exploitant slechts één uur dienst had en de rest van de tijd vrij was om zelf feest te vieren. Door dit rouleersysteem alleen reeds hadden veel meer dan 1000 feestgangers een actief aandeel in het welslagen van het feest.

Zoals reeds gezegd is, had het merendeel der ca. 60 kramen een geheel nieuw karakter. Om een indruk te geven van de wijze waarop hier met techniek en wetenschap werd gespeeld, vermelden we van enkele dezer kramen enige technische bijzonderheden.

*Rubbervelraces* (*fig. 3*), races van miniatuurmotorfietsjes op het gespannen rubbervel dat in het laboratorium gebruikt wordt voor modelproeven aan elektronenbuizen en golfpijpen [2]). Door één

Fig. 3. De „Rubbervelraces". Geheel links en ongeveer in het midden ziet men op de foto een miniatuurmotorrijder op een gespannen rubbervel. De twee achter het rubbervel zittende personen hebben ieder de handen op een motorfietsstuur waarop zich de „frequentiemanette" bevindt. Door de frequentie te regelen, kan men de motorrijder vooruit laten bewegen.

[2]) K. S. Knol en G. Diemer, Een model voor het bestuderen van elektromagnetische golven in rechthoekige golfpijpen, Philips techn. T. **11**, 156-163, 1949. Andere artikelen over de toepassing van het rubbervel vindt men in Philips techn. T. **2**, 338-345, 1937, en **15**, 26-34, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



der uiteinden van het rubbervel een verticale trilling te laten uitvoeren door middel van een door een motor aangedreven excentriek, wordt het vel in een staandegolfbeweging gebracht. De plaatsen van knopen en buiken hangen daarbij af van de frequentie, welke regelbaar is met een „frequentiemanette" gemonteerd op een motorfietsstuur. Op het vel is een miniatuurmotorfietsje geplaatst, dat zo is geconstrueerd dat het vooruitbeweegt indien het zich bevindt op een plaats waar het vel in trilling is. De voorwaartse snelheid is het grootst ter plaatse van de buiken, ter plaatse van de knopen staat de motorfiets stil. Om de eindstreep zo snel mogelijk te bereiken, moet men dus, zodra het fietsje bij een knoop komt, door de frequentie te veranderen een ander staandegolfpatroon opzoeken, waarbij het fietsje zich weer in de buurt van een buik bevindt.

*Een koud kunstje*, ballons blazen met vloeibare lucht. Lucht uit de kamer wordt met een koudgaskoelmachine [3]) vloeibaar gemaakt en loopt met een constante stroom in een Dewar-vat. De vloeistof wordt vanuit dit vat met een dampbellenpomp opgepompt en op de gewenste hoogte afgeleverd. Een trechter, met een lege ballon op de tuit geschoven, wordt nu onder het straaltje vloeibare lucht gehouden, zodat deze vloeibare lucht in de ballon terecht komt. Hierna sluit men de trechter met een stop af. De in de ballon gelopen lucht verdampt en blaast de ballon op. De door de vloeibare lucht bevochtigde rubber is echter hard en kan niet rekken. Men moet nu trachten deze koude, harde rubber met een luchtstraal zo snel op te warmen dat knappen van de ballon wordt voorkomen. Hoe groter de ballon, hoe meer punten als beloning.

*Philiroze*, een etalagepop met hoofd van glas, welk glas plaatselijk geleidend is gemaakt door er tinoxyde op aan te brengen. Aan deze plaatsen wordt stroom toegevoegd door zilverstrippen die via in de haardos verborgen aansluitklemmen de verbinding met een regeltransformator tot stand brengen (*fig. 4*). Door te draaien aan een zwengel, brengt men een regulateur van Watt in rotatie; deze bedient op zijn beurt de regeltransformator en dus de stroom door het geleidende glas. De optredende verwarming doet de wangen van de pop blozen door kleuromslag van in de verf gemengd $Ag_2HgJ_4$, dat beneden 50 °C helder geel en daarboven oranjerood is. Ook verwijden zich de bruin geschilderde pupillen in een rode iris door kleuromslag van $Cu_2HgJ_4$, van helder rood naar donkerbruin bij 70 °C. Draait men te snel, dan schakelt de regulateur de stroom uit. Men moet dus in een zeker tempo draaien om het snelst resultaten te zien.

*Potentiometer*. Deze naam suggereert het meten van krachtprestaties, zoals trouwens ook de opstelling zelf. De potentiometer bestaat namelijk uit een fiets op een standaard, waarvan het achterwiel is vervangen door een koperen schijf, die door een elektromagneet kan worden afgeremd (wervelstroomrem). Deze fiets wordt in het laboratorium

Fig. 4. Het hoofd van „Philiroze" wordt gemonteerd. Daar de pruik nog ontbreekt, kan men op het hoofd de aansluitklemmen voor de stroomtoevoerdraden zien.

inderdaad gebruikt om proefpersonen een bekend vermogen te laten leveren. Bij de potentiometer is echter met kracht niets te bereiken, wel met wat geduld en oplettendheid. Tegen de koperen schijf loopt een fietsdynamo, die dus een wisselspanning opwekt met een frequentie evenredig met de snelheid van de schijf. Deze wisselspanning wordt via een versterker toegevoerd aan één der beide stellen spoelen van een inductiemotor. Het andere stel spoelen, dat loodrecht op het eerste stel staat, wordt gevoed uit het net. De motor kan alleen draaien als de frequentie van de door de fietsdynamo geleverde spanning 50 Hz is; al naar deze spanning in faze voor of achter is bij de netspanning, draait hij dan de ene of de andere kant op. De motor drijft via een vertraging een snoer zonder eind aan, waarop een miniatuurwielrenner is bevestigd, die over een baan in een geschilderd berglandschap fietst. Het snoer is met rolletjes zo geleid dat de fietser deze baan volgt. Het blijkt nog wel doenlijk met de pedaalbeweging de frequentie nagenoeg constant op 50 Hz te houden, maar het is onmogelijk de faze zo te regelen dat het rennertje in hoofdzaak vooruit fietst. Daarom is in de overbrenging van motor naar snoer een slipkoppeling opgenomen van zodanige constructie dat vooruitfietsen gemakkelijker gaat dan achteruit en men een redelijke kans heeft het rennertje binnen $1^1/_2$ minuut de eindstreep te

[3]) J. W. L. Köhler en C. O. Jonkers, Philips techn. T. **16**, 33-43 en 61-71, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



doen bereiken. Komt de renner aan de voet van een berg, dan wordt de remmagneet bekrachtigd en komt de wervelstroomrem in actie. Naarmate de helling steiler wordt, wordt ook de bekrachtiging sterker en met enige fantasie heeft men het gevoel tegen een berg op te tornen.

*Knijp van Jut.* Twee spelers zitten aan weerszijden van een tafel en bedienen elk een handdynamo (knijpkat) [4]). Een knijpkat levert een wisselspanning waarvan de frequentie evenredig is met de draaisnelheid. Deze wisselspanning passeert een laag doorlatend filter en wordt daarna gelijkgericht (*fig. 5*). Daar de amplitude van de wisselspanning ook toeneemt met de frequentie, krijgt men een maximale gelijkspanning als men in een zodanig ritme knijpt dat de frequentie vlak onder de afsnijfrequentie van het filter ligt. Het verschil $\Delta V$ van de door de twee tegenstanders geproduceerde gelijkspanningen wordt toegevoerd aan het servomechanisme van een automatische meetbrug (type PR 2000 [5])). Dit servomechanisme draait een horizontale arm om een vaste verticale spil. Het vrije uiteinde van deze arm beweegt naar degene die de hoogste spanning produceert. Slaagt een der spelers erin de arm geheel naar zijn kant te draaien, dan belandt een op de arm bevestigde lolly in zijn mond en is hij de winnaar (*fig. 6*).

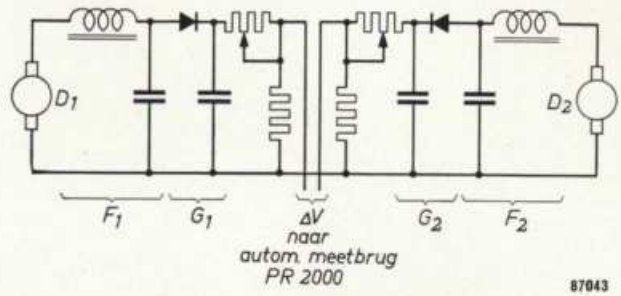



Fig. 5. Schakelschema van de „Knijp van Jut". $D_1$, $D_2$ handdynamo's; $F_1$, $F_2$ laag doorlatende filters; $G_1$, $G_2$ gelijkrichters.

*Senilograaf*, een wedstrijd in vuistenroffelen op een tafel waaronder een elektronisch telapparaat is bevestigd dat het aantal voldoend sterke vuistslagen binnen een bepaalde tijdsduur registreert (*fig. 7*).

*Phililoei*, een wedstrijd in schreeuwvermogen. Twee versterkers (zie *fig. 8* en *9*) versterken de signalen van twee microfoons, waarvan elk der tegenstanders er een ter beschikking krijgt. De door de versterkers geleverde wisselspanningen worden gelijkgericht en laden elk via een weerstand een condensator, waarvan de spanning dus geleidelijk

[4]) E. A. van IJzeren, De dynamo-zaklantaarn, Philips techn. T. **8**, 225-230, 1946.

[5]) H. J. Roosdorp, Een automatische meetbrug voor gebruik in de industrie, Philips techn. T. **15**, 237-247, 1953.

Fig. 6. De „Knijp van Jut". Deze foto werd niet gemaakt op het feest van het Natuurkundig Laboratorium, maar tijdens een televisie-uitzending (programma getiteld „Philips' Elektronische Tienkamp") op de tentoonstelling „E 55", gehouden te Rotterdam in 1955.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 7. De „Senilograaf" (foto genomen op de E 55).

toeneemt. Heeft zo'n condensator, b.v. $C_1$, een spanning van 125 V bereikt, dan slaat de eraan parallel geschakelde neonbuis $N_1$ door en gaat de condensator zich langzaam ontladen. Een relais, dat met $N_1$ in serie staat, sluit nu echter het contact $K_1$, waardoor $C_1$ zich snel ontlaadt door de bekrachtigingsspoel $Rel_1$ van de schakelwals $W$, welke hierdoor één stap wordt verzet. Is de spanning van $C_1$ gedaald beneden de brandspanning van de neonbuis, dan wordt $K_1$ weer geopend en kan het laden van $C_1$ opnieuw beginnen. De schakelwals is voorzien van twee bekrachtigingsspoelen, die corresponderen met de twee microfoons en die draaiingen van de schakelwals in tegengestelde richtingen bewerkstelligen. Een serie lampjes $L$ geeft de stand van de schakelwals aan en maakt aldus zichtbaar in welke microfoon met de meeste volharding is geschreeuwd. De grootste moeilijkheid bij deze wedstrijd bleek te zijn dat men voldoende zelfbeheersing moest tonen om niet door een lachbui in ademnood te komen.

*Magnobal*, een magnetisch tafelbalspel. Tussen twee horizontaal opgestelde heldere glasplaten (afmetingen ca. 80 bij 40 cm) bevindt zich de „bal" in de vorm van een verticaal gemagnetiseerde ferroxdureschijf (diameter en hoogte resp. ca. 3 cm en 1,5 cm), die juist vrij tussen de glasplaten kan

Fig. 9. „Phililoei" (foto genomen op de E 55). De twee tegenstanders hebben elk een microfoon in de hand. Boven de hoofden de indicatielampjes.

schuiven. De twee spelers hebben ieder een schijf, identiek met die waaruit de bal bestaat, in de hand. De ene speler houdt zijn schijf onder tegen de onderste, de andere houdt hem boven op de bovenste glasplaat, en wel zodanig dat beide schij-

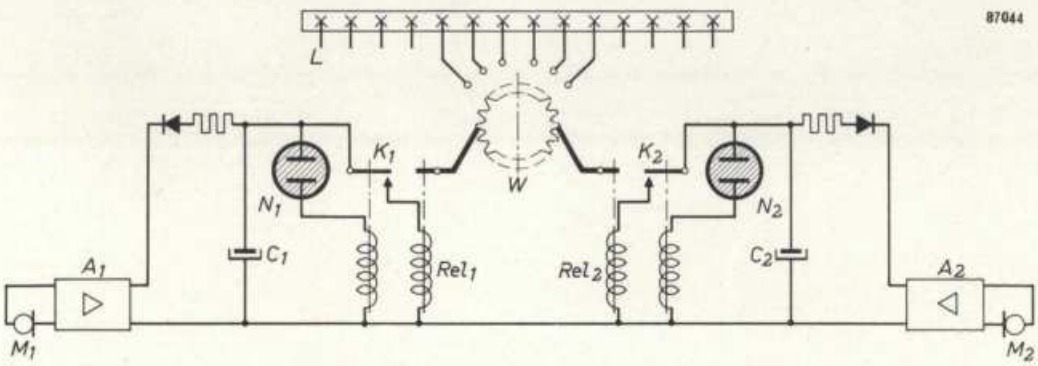



Fig. 8. Schema van „Phililoei". $M_1$, $M_2$ microfoons; $A_1$, $A_2$ versterkers; $C_1$, $C_2$ condensatoren; $N_1$, $N_2$ neonbuizen 85 A 2; $K_1$, $K_2$ relaiscontacten; $Rel_1$, $Rel_2$ bekrachtigingsspoelen van de schakelwals $W$; $L$ indicatielampjes.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



ven op de „bal" een afstotende kracht uitoefenen (*fig. 10*). Het speelveld wordt begrensd door een lijst van ferroxdure, eveneens verticaal in dezelfde zin gemagnetiseerd als de bal. Deze laatste blijft daardoor nooit tegen de wand liggen maar wordt door de ondervonden afstotende kracht steeds naar het veld teruggekaatst. Slechts ter plaatse van de twee tegenover elkaar liggende doelen is de ferroxdurelijst onderbroken. Elke speler trachtte de bal in het doel van hun tegenstander te drijven. Dit spel is verrassend snel en vereist door de werking op afstand, vooral bij het passeren, een grote behendigheid. Elektrische indicatie der doelpunten.

De bovengenoemde attracties bevatten alle een wedstrijdelement; hieronder noemen we enkele attracties waarbij dit element ontbrak.

*Rekenwonder Nilando.* „Het „rekenwonder" stond met behulp van een ringleiding en een verborgen hoorapparaat in verbinding met een rekenkamer en was aldus in staat de moeilijkste problemen in een oogwenk op te lossen.

*Lach dan Labjas,* een elektronische lachspiegel. Men zag zijn eigen beeld, dat was opgenomen met een televisiecamera, met regelbare vervorming weergegeven op een televisiescherm.

*Van Lotje getikt.* „Lotje" was een schrijfmachine die gebruikt wordt als uitgangsorgaan van een elektronische rekenmachine. Zij was derhalve in staat onder commando van de rekenmachine de verschillende symbolen op de juiste plaats op het papier te zetten. Op de kermis werden de commando's toegevoerd in de vorm van geponste banden zoals bij de telex worden gebruikt. Deze banden, die van te voren waren klaar gemaakt, bevatten antwoorden

Fig. 10. „Magnobal", een magnetisch tafelbalspel voor twee personen.

Fig. 11. Een door „Lotje" getikte caricatuur.

op verschillende vragen, die men dus aan Lotje kon stellen. De telexband met het juiste antwoord werd door een verborgen handlanger in de apparatuur gebracht, waarna Lotje het antwoord uittikte. Ook kon zij, door een juiste verdeling van symbolen en spaties, caricaturen van bekende persoonlijkheden te voorschijn laten komen (*fig. 11*).

Zoals men reeds uit de gereproduceerde foto's heeft kunnen opmaken, hebben de kermisattracties bij nog een andere gelegenheid dienst gedaan. Aan de Afd. Propaganda der N.V. Philips zijn wedstrijdspelen, benevens de Hariguars, ter beschikking gesteld ten behoeve van het experiment met commerciële televisie op de tentoonstelling „E 55" te Rotterdam. In een door Philips onder de naam „Elektronische Tienkamp" aangeboden programma, werden mensen uit het publiek in de gelegenheid gesteld hun krachten op deze spelen te beproeven. Dit programma heeft van 15 juli tot 3 september 1955 dag in, dag uit groot succes gehad, en onze ervaring bevestigd dat men met goed gekozen elektronisch speeltuig niet alleen leuk en interessant kan spelen, maar dat het kijken ernaar vaak minstens even onderhoudend en vermakelijk is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



# OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

**2253:** M. C. Teves: Image intensification. Instrumental aspects (Brit. J. Radiology **28**, 216-217, april 1955).

Na een summiere beschrijving van de door Philips vervaardigde röntgenbeeldversterker worden de factoren die de zichtbaarheid van objectdetails beperken, kort besproken, evenals een fundamentele factor die de voor röntgendiagnostiek minimaal nodige röntgenintensiteit bepaalt. Ten slotte worden de mogelijkheden en de voordelen van de beeldversterker voor fotografische en cinematografische registratie aangestipt. Zie ook Philips techn. T. **17**, 65-94, 1955 (no. 3).

**2254:** J. Feddema: Some possible diagnostic applications in cineradiography (Brit. J. Radiology **28**, 217-220, april 1955).

Beschrijving van ervaringen in de kliniek bij het gebruik van de röntgenbeeldversterker voor diagnostische doeleinden en vergelijking met andere röntgendiagnostische technieken. Zie ook Philips techn. T. **17**, 85-89, 1955 (no. 3).

**2255:** A. van Weel: A direct-indicating phase meter (J. Brit. Instn. Rad. Engrs. **15**, 143-152, 1955, no. 3).

Beschrijving van een methode voor het meten van fazeverschuivingen, waarbij de onbekende fazeverschuiving in een oscillerende keten wordt geïntroduceerd, waardoor de oscillatiefrequentie verandert. De fazeverschuiving wordt bepaald door deze frequentieverandering te meten. Zowel zeer kleine als zeer grote fazeverschillen ($10^{-4}$ tot $2\pi$ rad) kunnen op deze wijze worden bepaald. Een volgens dit principe uitgevoerd meetapparaat wordt beschreven.

**2256:** H. J. G. Meyer: On the theory of radiative transitions of trapped electrons in polar crystals (Physica **21**, 253-268, 1955, no. 4).

Nadere uitwerking van de theoretische achtergrond van de in een vorig artikel (no. **2223** van deze overzichten) door dezelfde auteur besproken eigenschappen van *F*-centra-absorptiebanden in ionenkristallen.

**2257:** H. O. Huisman en A. Smit: A new synthesis of 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T) (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **74**, 155-160, 1955, no. 2).

Beschrijving van een nieuw bereidingsproces van 2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur (2,4,5-T). Het mengsel van de als insecticide niet werkzame $\alpha$- en $\beta$-isomeren van hexachloorcyclohexaan, dat als bijprodukt wordt verkregen bij de bereiding van het, wel werkzame, $\gamma$-isomeer, wordt omgezet in 1,2,4-trichloorbenzeen. Nadat dit 1,2,4-trichloorbenzeen op zijn beurt is omgezet in 2,5-dichloorfenol, laat men dit laatste reageren met monochloorazijn. Dan ontstaat 2,5-dichloorfenoxyazijnzuur, waaruit ten slotte door chlorering 2,4,5-T wordt verkregen. De netto-opbrengst van 2,4,5-T ten opzichte van het uitgangsmateriaal (hexachloorcyclohexaan) bedraagt 40-50 mol%.

**2258:** N. W. H. Addink: An improved method for the spectrochemical determination of zinc in blood (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **74**, 197-205, 1955, no. 3).

Verbetering van een eerder door de auteur uitgewerkte spectrochemische methode ter bepaling van het zinkgehalte in bloed (vgl. no. **1947** en **1972** van deze overzichten). De opvallende punten bij de nieuwe methode zijn:

a) Volledige verdamping van het zink uit een afgewogen hoeveelheid (10 mg) verast bloed.
b) Een constante temperatuur van de koolboog, welke niet afhangt van het natriumgehalte van het veraste bloed.
c) Een roterende anode van zeer bepaalde vorm.

Volgens de nieuwe methode zijn series zinkbepalingen uitgevoerd, die een standaardspreiding van slechts 5% vertoonden. De absolute waarden van deze langs spectrochemische weg gevonden zinkconcentraties bleken op bevredigende wijze overeen te komen met bepalingen langs normale chemische weg.

**2259:** P. B. Braun en J. H. N. van Vucht: Al-Th intermetallic compounds, I (Acta cryst. **8**, 117, 1955, no. 2).

Röntgenanalyse van het systeem thorium-aluminium. In totaal werden zes intermetallieke verbindingen gevonden. Van drie hiervan, nl. $Al_3Th$ (hexagonaal), $Al_2Th$ (hexagonaal) en $Al_2Th_3$(tetragonaal), worden de structuur en de roosterconstanten gegeven.

**2260:** P. B. Braun en J. H. N. van Vucht: Al-Th intermetallic compounds, II (Acta cryst. **8**, 246, 1955, no. 4).

Vervolg van no. **2259**. Gegeven worden: de structuur en de roosterconstanten van AlTh

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



(orthorombisch) en van $AlTh_2$ (tetragonaal), terwijl tevens de waarschijnlijke eenheidscel van een intermetallieke verbinding met de vermoedelijke samenstelling $Al_7Th_4$ ter sprake komt. Deze laatste verbinding is slechts stabiel in een nauw temperatuurgebied in de buurt van 1300 °C.

**2261:** J. B. de Boer: A „Duplo" headlight with asymmetric passing beam (Light and Lighting **48**, 137-141, 1955, no. 4).

Beschrijving van een nieuw ontwikkelde autokoplamp (kort beschreven in Philips techn. T. **17**, 132-133, 1955, no. 4), waarbij het kapje onder de dimlichtspiraal gedeeltelijk is weggesneden. Deze lamp verenigt, mits gebruikt in combinatie met een doelmatige lantaarnruit, in hoge mate de voordelen van het Europese met die van het Amerikaanse dimlichtsysteem. Proeven met deze lamp worden beschreven.

**2262:** J. P. Spruyt: Accelerated stability test for vitamin A in oils and fats by means of surface enlarging at room temperature (J. Amer. Oil Chem. Soc. **32**, 197-200, 1955, no. 4).

Verkorte vorm van een artikel verschenen in „Voeding"; zie no. **2263** van deze overzichten.

**2263:** J. P. Spruyt: Versnelde houdbaarheidsproef door middel van oppervlakvergroting bij kamertemperatuur voor vitamine A in oliën en tranen (Voeding **16**, 416-429, 1955, no. 5).

Beschreven wordt een nieuwe, eenvoudige en snelle methode om de houdbaarheid van vitamine A in oliën en tranen te bepalen. Er wordt gewerkt bij een constante temperatuur van 20 °C; de versnelling wordt verkregen door vergroting van de aan de lucht blootgestelde oppervlakte door uitspreiding van de olie over een neutrale drager.

**2264:** J. L. Meijering: Het systeem koper-nikkel-chroom (Chem. Weekbl. **51**, 438-441, 1955, no. 23).

Afgaande op de reeds bekende toestandsdiagrammen Cu-Ni, Ni-Cr en Cu-Cr zou men verwachten dat in het ternaire systeem Cu-Ni-Cr slechts twee vaste fazen kunnen optreden: een Cr-rijke ruimtelijk gecentreerde kubische faze en een Cu-Ni-rijke vlakkengecentreerde kubische faze. Er werd echter gevonden dat reeds enkele procenten Cr ontmenging in twee vlakkengecentreerde fazen kunnen veroorzaken.

Het bij 930 °C bepaalde toestandsdiagram wordt vergeleken met een dat thermodynamisch is berekend. De hiervoor nodige parameters van de vrije enthalpie-oppervlakken zijn bepaald uit gegevens der binaire randsystemen. De genoemde ontmenging wordt zo inderdaad gevonden.

**2265:** H. G. van Bueren: Elektrischer Widerstand und plastische Deformation von Metallen (Z. Metallk. **46**, 272-282, 1955, no. 4).

Eerst wordt een beknopt overzicht gegeven van de door verschillende auteurs gepubliceerde resultaten van metingen over weerstandstoeneming bij zuivere metalen door plastische vervorming bij lage temperaturen, speciaal bij koper. Er zijn goede redenen om aan te nemen dat de weerstandstoeneming in hoofdzaak voor rekening komt van de vacatures en van de interstitiële atomen die bij plastische vervorming in het kristalrooster ontstaan. Dislocaties zijn, wat de weerstandstoeneming betreft, waarschijnlijk van minder belang. De verschijnselen van herstel van het geleidingsvermogen die optreden bij verwarming, worden vergeleken met soortgelijke verschijnselen in afgeschrikte of met neutronen of deuteronen bestraalde metalen. Bij dit herstel kan men vijf, bij verschillende temperaturen optredende, trappen onderscheiden. Getracht wordt deze trappen te verklaren met behulp van de diverse bij de diffusie van roosterfouten betrokken processen.

**2266:** A. Claassen en A. Daamen: The photometric determination of cobalt by extraction with $\beta$-nitroso-$\alpha$-naphtol (Anal. chim. Acta **12**, 547-553, 1955, no. 6).

Beschrijving van een verbeterde fotometrische bepaling van kobalt door extractie van het $\beta$-nitroso-$\alpha$-naftolcomplex van kobalt met chloroform. Deze methode kan ook worden toegepast wanneer er vreemde elementen, in het bijzonder ijzer en nikkel, in grote hoeveelheid aanwezig zijn. Storende elementen als goud, palladium, platina, moeten afwezig zijn. Van koper is slechts een geringe hoeveelheid toelaatbaar. De methode is met succes toegepast ter bepaling van het kobaltgehalte in staalsoorten en in non-ferrometalen, o.a. in nikkel.

**2267:** J. A. Lely: Darstellung von Einkristallen von Siliciumkarbid und Beherrschung von Art und Menge der im Gitter eingebauten Verunreinigungen (IUPAC, Colloq. Münster, Westf., 2-6 sept. 1954, uitg. Chemie, Weinheim 1955).

Om siliciumcarbide (SiC) te onderzoeken op zijn

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



eigenschappen als halfgeleider, zijn SiC-eenkristallen bereid door sublimatie van (lichtgroen) SiC van handelskwaliteit bij temperaturen van 2500 tot 2600 °C in een grafietoven, waardoorheen een beschermend spoelgas onder atmosferische druk werd geleid. In 6 tot 8 uren werden eenkristallen verkregen in de vorm van zeshoekige plaatjes tot 2 mm dikte en met diameters tot 10 mm. Behalve zeer zuivere kristallen, die kleurloos waren, werden ook kristallen met bepaalde concentraties van verontreinigende elementen vervaardigd. Deze elementen werden daartoe in de vorm van vluchtige verbindingen aan het spoelgas toegevoegd. Bij verontreiniging met stikstof of fosfor wordt het kristal een elektronengeleider (geleider van het *N*-type); het krijgt dan een groene kleur. Vormt borium of aluminium de verontreiniging, dan wordt het kristal een gatengeleider (geleider van het *P*-type); het vertoont dan een blauwe kleur. Door, gedurende het kristallisatieproces, van een verontreiniging die van het kristal een elektronengeleider maakt, over te gaan op een verontreiniging die er een gatengeleider van maakt, kan men een kristal krijgen met banden van verschillende kleur.

**2268:** Y. Haven: Concentration and association of lattice defects in NaCl (Rep. Conf. Defects in Cryst. Solids, blz. 261-272, Bristol 1954).

In NaCl dat geringe hoeveelheden tweewaardige verontreinigingen bevat ($Ca^{2+}$, $Cd^{2+}$, $Mn^{2+}$ enz.), bevinden zich Na-vacatures met een effectieve lading $-1$. Deze worden aangetrokken door de tweewaardige ionen, die een effectieve lading $+1$ hebben. De concentratie van de „paren" die zich vormen doordat een Na-vacature zich associeert met een Ca-ion, kan tamelijk nauwkeurig worden afgeleid uit metingen van de diëlektrische verliezen. De concentratie van niet-geassocieerde vacatures kan, hoewel veel minder nauwkeurig, worden bepaald uit metingen van het geleidingsvermogen. Het blijkt dat niet alleen het dissociatie-evenwicht $(Ca^{2+}) +$ (Na-vacature) $\rightleftarrows$ ($Ca^{2+}$ + Na-vacature) van belang is, maar dat ook complexen met meer dan één vacature en/of meer dan één tweewaardig ion een rol spelen. Het verschil in gedrag tussen Cd en Ca wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de afscheiding van mengkristallen in het geval van Cd, en niet door een verschil in associatie van Cd of Ca met vacatures. De waarschijnlijkheid dat een Na-ion naar een vacature zal springen, is groter wanneer de vacature met een tweewaardig ion is geassocieerd dan wanneer de vacature vrij is. Mengkristallen van isomorfe stoffen, zoals NaCl en NaBr, vertonen geen abnormale concentratie van roosterstoringen.

**2269:** S. Duinker: A shifting register using ferroresonant flip-flops (Appl. sci. Res. **B4**, 317-328, 1955, no. 5).

Onder ferroresonantie verstaat men het optreden van instabiliteiten in de blijvende trillingstoestand van niet-lineaire netwerken indien een der netwerkparameters geleidelijk wordt veranderd. Na een korte bespreking van ferroresonantie wordt de toepassing in trekkerschakelingen en bistabiele multivibratoren (flipflaps) uiteengezet. Dan volgt de beschrijving van een schuifregister, met op ferroresonantie gebaseerde flipflaps, waarin de informatie in één richting wordt opgeschoven door impulsen van één polariteit, Met eenvoudige middelen kan men de apparatuur zo uitbreiden dat de informatie zowel heen als terug kan worden geschoven, al naar de polariteit van de toegevoerde impulsen. Er worden enige details besproken van een experimentele uitvoering van zo'n register voor een telexverbinding per radio. Dit register kan impulsen verwerken met een herhalingsfrequentie van 0,8 kHz, waartoe een voedingsfrequentie van 20 kHz nodig is. Wil men de herhalingsfrequentie opvoeren, dan moet ook de voedingsfrequentie omhoog. Enige problemen die zich voordoen indien men voedingsfrequenties van enige MHz wil toepassen, komen ter sprake.

**2270:** J. J. Opstelten en N. Warmoltz: A double-sided micromanometer (Appl. sci. Res. **B4**, 329-336, 1955, no. 5).

Aan beide zijden van een dun membraan, dat deel uitmaakt van de scheidingswand tussen twee ruimten, is op korte afstand een condensatorplaat opgesteld. Aldus worden twee condensatoren gevormd, die zijn opgenomen in een brugschakeling. De brug wordt gevoed door een oscillator met hoge frequentie. Een versterker, gevolgd door een gelijkrichter en een microamperemeter, dient als nulinstrument. De ruimte aan de ene zijde van het membraan wordt geëvacueerd ($10^{-7}$ mm Hg), de ruimte aan de andere zijde wordt aangesloten op het vat waarin men de druk wil meten. De verplaatsing van het membraan wordt langs elektrostatische weg gecompenseerd met behulp van een geijkte potentiometer, waarop men de druk kan aflezen. De positie van de potentiometer is een lineaire maat voor de druk. Het meetgebied loopt van $10^{-5}$ tot 1 mm Hg.

**2271:** J. Bloem en F. A. Kröger: A relation between hardness and stoichiometry in lead sulphide single crystals (Nature **175**, 861-862, 14 mei 1955).

Onderzoek van PbS-eenkristallen, waarin door

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



verhitting in zwaveldamp een teveel of een tekort aan zwavelatomen werd teweeggebracht door de druk van de zwaveldamp boven het kristal te regelen. De kristallen werden halfgeleidend met gaten dan wel met elektronen als ladingdragers, al naar er een teveel of een tekort aan zwavel was. Het geleidingsvermogen vertoonde een minimum indien de verhouding van zwavel- en loodatomen stoechiometrisch juist was. Hetzelfde bleek te gelden voor de hardheid (bepaald volgens Vickers). Een aanzienlijke spreiding in de resultaten der hardheidsbepalingen wijst erop dat, behalve de afwijking van de stoechiometrie, nog andere factoren op de hardheid invloed hebben.

**R 274:** A. Bril en H. A. Klasens: Phosphors for tricolour television tubes (Philips Res. Rep. **10**, 305-318, 1955, no. 5).

Metingen en beschouwingen over de lichtopbrengst en de spectrale energieverdeling van verscheidene blauwe, groene en rode fosforen die in aanmerking komen voor gebruik in weergeefbuizen voor kleurentelevisie. Aangetoond wordt dat de helderheid van het beeld op de buis in hoofdzaak wordt bepaald door de keuze van de rode fosfor, en dat een compromis nodig is tussen kleurweergave en beeldhelderheid. Volgens berekeningen uitgevoerd voor een witte kleur lijkt de verwachting gerechtvaardigd dat bij de reproduktie een grotere helderheid zal worden verkregen indien men zich bedient van met zilver geactiveerd zink-cadmiumsulfide of van met koper geactiveerd zink-cadmiumselenide (in plaats van het gebruikelijke, met mangaan geactiveerde, zinkfosfaat).

**R 275:** J. van den Boomgaard: Zone-melting processes under influence of the atmosphere (Philips Res. Rep. **10**, 319-336, 1955, no. 5).

Pfann heeft het, bij de bereiding van halfgeleiders veel toegepaste, raffinageproces met behulp van een gesmolten zone (Engels „zone-melting") wiskundig onderzocht. Zijn beschouwingen worden hier uitgebreid tot gevallen waarin het materiaal vluchtige bestanddelen bevat. Aangetoond wordt dat het mogelijk is met dit proces een vluchtig element homogeen in het moedermateriaal op te lossen, indien men het proces laat verlopen onder een constante dampdruk van het op te lossen vluchtige element, mits de diffusie in de vloeistof zeer snel is.

**R 276:** B. H. Schultz: Analysis of the decay of photoconductance in germanium (Philips Res. Rep. **10**, 337-348, 1955, no. 5).

Beschrijving van een nieuwe methode om recombinatieprocessen in germanium en andere halfgeleiders te analyseren. Volume- en oppervlakrecombinatie kunnen hiermee worden gescheiden. Bovendien wordt langs theoretische weg afgeleid hoe het verloop van de recombinatie van geïnjecteerde ladingsdragers wordt beïnvloed door het capacitieve karakter van de elektrische dubbellaag die aan het oppervlak aanwezig is. Experimenten bevestigen de theorie.

**R 277:** A. G. Th. Becking, H. Groendijk en K. S. Knol: The noise factor of four-terminal networks (Philips Res. Rep. **10**, 349-357, 1955, no. 5).

Er wordt een eenvoudige formule afgeleid ter berekening van het ruisgetal van een lineaire vierpool voor een willekeurige impedantie van het aan de ingangszijde aangesloten netwerk. De formule berust op de stelling dat een vierpool met ruis kan worden vervangen door een vierpool zonder ruis maar met een spannings- en een stroomruisbron aan de ingangszijde. Deze stelling wordt bewezen. De eigenschappen van de twee ruisbronnen worden vastgelegd door vier grootheden, die uit vier eenvoudige metingen kunnen worden afgeleid.

**R 278:** H. K. Hardy en J. L. Meijering: Phase separation in quaternary regular solutions (Philips Res. Rep. **10**, 358-400, 1955, no. 5).

Berekening van de ontmenging in quaternaire oplossingen, uitgaande van de „regulaire" benadering voor de vrije energie (zie de eerder gepubliceerde berekeningen over ternaire oplossingen: deze overzichten **R 149** en **R 166**). De regulaire benadering houdt in dat voor de mengentropie de door Gibbs gegeven uitdrukking wordt aangenomen, terwijl de mengwarmte additief samengesteld wordt gedacht uit zes termen. Elk van deze termen bestaat uit het produkt van een wisselwerkingsparameter — die samenhangt met één der zes binaire randsystemen — en de concentraties van de twee in het betrokken randsysteem voorkomende stoffen. Speciaal het al of niet optreden van quaternaire kritische punten en het verloop van de kritische lijnen met de temperatuur worden onderzocht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!